

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-54127

(P2001-54127A)

(43)公開日 平成13年2月23日(2001.2.23)

(51)Int.Cl.

H 04 N 9/09

識別記号

F I

H 04 N 9/09

マークド(参考)

A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O.L (全 30 頁)

(21)出願番号 特願平11-221945

(22)出願日 平成11年8月5日(1999.8.5)

(71)出願人 000005201

富士写真フィルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 長田 勝

埼玉県朝霞市泉水三丁目11番46号 富士写
真フィルム株式会社内

(74)代理人 100070991

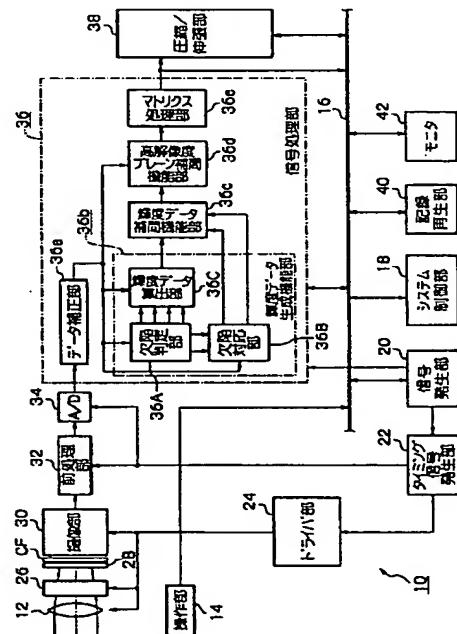
弁理士 香取 孝雄

(54)【発明の名称】 固体撮像装置および画素欠陥補償方法

(57)【要約】

【課題】 各色の配置に着目しながら、画素をずらして配した撮像でも画素欠陥に対応することのできる固体撮像装置および画素欠陥補償方法の提供。

【解決手段】 デジタルカメラ10は、システム制御部18により信号処理部36に対する欠陥判定、補間処理の制御を受けて、欠陥画素に対するデータ補償を行う。具体的には輝度データ生成機能部36bでデータ補正部36aからの画像データを用いてエッジ境界を考慮しながら受光素子の欠陥判定を欠陥判定部36Aで行い、この判定結果に応じて受光素子の位置における輝度データを、欠陥対応部36Bと正常な受光素子に対しては輝度データ算出部36Cとで、それぞれ求め、欠陥の受光素子の影響を抑え、かつ破綻のない輝度データの生成を行い、輝度データ補間機能部36c、高解像度ブレーン補間機能部36dおよびマトリクス処理部36eを介して信号処理を施している。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学系を介して被写界からの入射光を光電変換する受光素子の位置に対応させて色分解する色分解手段で色分解された光を前記受光素子の2次元配置した撮像手段によりカラー撮像し、得られたカラー撮像信号をディジタル変換手段でディジタルの画像データにし、該画像データに信号処理を施す信号処理手段を介して該画像データを出力する固体撮像装置において、該装置は、

前記ディジタルの画像データに画像の色調整および階調を補正するデータ補正手段、
10

該データ補正手段からの画像データを用いて前記受光素子の欠陥および／または前記画像におけるエッジ境界かの判定を行いながら、該判定結果に応じて前記受光素子の位置における輝度データを求める輝度データ生成手段、

該輝度データ生成手段で得た輝度データに基づいて前記受光素子の空隙位置における輝度データを求める輝度データ補間手段、

該輝度データ補間手段と色R 画素データを用いた色R の補間、前記輝度データ補間手段と色B 画素データを用いた色B の補間、色G 画素データによる色G の補間を行うRGB 補間手段、および該RGB 補間手段を介して供給される画像データを基に輝度データおよび色差データを生成し、これらのデータに折返し歪の発生を防ぐ処理を施すとともに、該処理した輝度データに輪郭強調処理を施す表示画像生成手段を含む信号処理手段と、

前記信号処理手段の各手段の判定、補間処理の制御を行う制御手段とを含むことを特徴とする固体撮像装置。

【請求項2】 請求項1に記載の装置において、前記輝度データ生成手段は、前記データ補正手段からの画像データを用いて前記受光素子の欠陥またはエッジ境界かの判定を色R, G, B のそれぞれに対して行う欠陥判定手段と、該欠陥判定手段の結果に応じて該欠陥のある受光素子での画素データを生成して輝度データの生成を行う欠陥処理手段と、

前記欠陥判定手段による正常判定に伴い供給される画素データの相関方向に応じて輝度データの生成を行う相関対応処理手段とを含むことを特徴とする固体撮像装置。

【請求項3】 請求項2に記載の装置において、前記欠陥判定手段は、前記受光素子を半ピッチずつずらして配した撮像手段にて領域中央とする受光素子の位置での色を色B または色R にして、該領域中央の画素に対して正方格子状の位置に色G を配し、該色G を最外周の範囲を表す画素データとして用いるとともに、前記中央の色と異色の受光素子を前記最外周上の四辺形の頂点位置に配した領域または前記受光素子を所定のピッチで規則的に配した撮像手段にて領域中央とする受光素子の位置での色を色B または色R にして、該領域中央の画素に対して正方格子状の位置に色G を配し、前記中央の色と異色の受光素子を四辺形の頂点位置に配した領域を欠陥検出領域とし、

該欠陥検出領域での斜め方向、水平方向および／または垂直方向における境界領域を考慮しながら、該境界により分割された領域の同色の画素データをほぼ同じレベルとみなす条件、該境界を表すレベル差の値、各領域の同色の画素のずれ許容レベルならびに正常時に色毎の受光素子が採り得る上限値および下限値を用いて各受光素子の色毎に欠陥判定を行う同色判定手段を含むことを特徴とする固体撮像装置。

【請求項4】 光学系を介して被写界からの入射光を光電変換する2次元配置した受光素子の位置に対応させて色分解した光を受光してカラー撮像し、得られたカラー撮像信号をディジタルの画像データにし、該画像データに信号処理を施すとともに、前記受光素子からの欠陥データを補償する画素欠陥補償方法において、該方法は、前記受光素子を半ピッチずつずらして配した撮像手段にて領域中央とする受光素子の位置での色を色B または色R にして、該領域中央の画素に対して正方格子状の位置に色G を配し、該色G を最外周の範囲を表す画素データとして用いるとともに、前記中央の色と異色の受光素子を前記最外周上の四辺形の頂点位置に配した領域または前記受光素子を所定のピッチで規則的に配した撮像手段にて領域中央とする受光素子の位置での色を色B または色R にして、該領域中央の画素に対して正方格子状の位置に色G を配し、前記中央の色と異色の受光素子を四辺形の頂点位置に配した領域を欠陥検出領域とし、

該欠陥検出領域での斜め方向、水平方向および／または垂直方向における境界領域を考慮しながら、該境界により分割された領域の同色の画素データをほぼ同じレベルとみなす条件、該境界を表すレベル差の値、各領域の同色の画素のずれ許容レベルならびに正常時に色毎の受光素子が採り得る上限値および下限値を用いて各受光素子の色毎に欠陥判定を行なう欠陥判定工程と、

該欠陥判定工程の結果により欠陥と判定された受光素子の色を考慮して、該欠陥検出領域内の欠陥のある受光素子と同色の画素データを用いて欠陥を補償する欠陥補償工程とを含むことを特徴とする画素欠陥補償方法。

【請求項5】 光学系を介して被写界からの入射光を光電変換する2次元配置した受光素子の位置に対応させて色分解した光を受光してカラー撮像し、得られたカラー撮像信号をディジタルの画像データにし、該画像データに信号処理を施すとともに、前記受光素子からの欠陥データを補償する画素欠陥補償方法において、該方法は、前記受光素子を半ピッチずつずらして配した撮像手段にて領域中央とする受光素子の位置での色を色B または色R にして、該領域中央の画素に対して正方格子状の位置に色G を配し、該色G を最外周の範囲を表す画素データとして用いるとともに、前記中央の色と異色の受光素子

を前記最外周上の四辺形の頂点位置に配した領域または前記受光素子を所定のピッチで規則的に配した撮像手段にて領域中央とする受光素子の位置での色を色B または色R にして、該領域中央の画素に対して正方格子状の位置に色G を配し、前記中央の色と異色の受光素子を四辺形の頂点位置に配した領域を欠陥検出領域とし、前記受光素子の欠陥が前記四辺形を形成する色R または色B にあり、かつ色G にもある場合、欠陥のある受光素子からの画素データを該欠陥のある受光素子と同色の受光素子からの画素データの平均とし、該画素データを含む同色同士の4 画素データの平均と生成対象位置の異色の画素データとの加算平均から領域中央に位置する受光素子の輝度データを算出することを特徴とする画素欠陥補償方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固体撮像装置および画素欠陥補償方法に係り、特に、色フィルタのパターンに特徴のある、たとえば、ハニカム配置のG 正方格子RB完全市松やG ストライプRB完全市松等の固体撮像装置を適用したディジタルカメラ、画像入力装置等で撮像した際の欠陥画素のデータを補償する画素欠陥補償方法に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、固体撮像素子を用いた撮像装置がディジタルカメラ等に適用されている。撮像装置には、固体撮像素子を画素に対応させて、たとえば数百万個の撮像素子が形成されている。ところで、形成した撮像素子には、製造工程に起因するキズ等によって正常に光電変換できない画素がいくつか含まれることがある。このような欠陥がある場合、撮像装置を適用したディジタルカメラにおいては、欠陥が目立たないように画素データを補償する処理が行われる。

【0003】たとえば特開昭59-45791号公報のカラー固体撮像装置では、映像信号の欠陥部分を除去し、欠陥を含む同一ラインの欠陥画素に対して数画素前の同色フィルタの映像信号を合成してほぼ正常な映像信号に補正し、画質の低下を抑えている。また、特公平7-97838号公報の撮像装置は、メモリに全欠陥位置データを記憶させ、巡回可能なレジスタに記憶した一つの欠陥位置データをと撮像素子の走査位置とをコンパレータで比較し、比較結果に応じて撮像出力を補正することから、回路規模を小さくてもスムーズに補正している。これらの2つの例において欠陥の補正する位置等の情報はあらかじめ既知である。

【0004】ところで、撮像素子には、たとえば、静電破壊や経時変化等によって欠陥になってしまうことがある。この欠陥に対して確実に補正する固体撮像装置が特開平6-30425号公報にある。この装置は、画像のエッジ成分による誤検出を回避するように2重の判定構造を用

いてリアルタイムで欠陥検出を行う。欠陥検出には、各画素信号の空間的相関性に着目し、欠陥検出し、この欠陥位置の近傍の単独画素または複数の周辺画素を用いてそれぞれ、画素データの置換または平均化処理により補間を行っている。

【0005】これらの画素欠陥の補間処理を行って撮像画像の高画質化を進めているが、撮像画像の画質をより一層高めるべく、現状での画素数として、200万画素台の固体撮像装置を搭載したディジタルカメラが市販されている。市場では、さらに銀塗写真の画質に対応するよう高画質化が望まれている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述した要望に応えるように、画素ずらしした受光素子を配し、得られた信号電荷に基づいて受光素子間の間隙位置で受光素子のない、いわゆる仮想受光素子の位置における画素データを補間生成した固体撮像装置が提案されている。固体撮像装置は、補間生成により得られる画素数を増加させるとともに、これまで画素の増加とともに感光領域が小さくなることから低下を余儀なくさせられた感度も要求に応えられるようにしている。

【0007】ところで、この固体撮像装置においても、前述したように撮像素子の製造工程で生じる画素欠陥ならびにその後の静電破壊および経時変化による画素欠陥の発生は避けられない。しかしながら、画素ずらしした受光素子とこの受光素子に対して入射光の入射側に色フィルタを配置して色パターンが形成された固体撮像装置では、これまでの画素欠陥処理がない。このような固体撮像装置には、そのまま従来の画素欠陥処理が適用できない可能性がある。たとえば、特開平6-30425号の公報に記載の固体撮像装置は画素欠陥において補正を一律に行っていることから、境界付近で補正が正しく行われない虞れがあった。

【0008】本発明はこのような従来技術の欠点を解消し、各色の配置に着目しながら、画素をずらして配した撮像でも画素欠陥に対応することのできる固体撮像装置および画素欠陥補償方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は上述の課題を解決するために、光学系を介して被写界からの入射光を光電変換する受光素子の位置に対応させて色分解する色分解手段で色分解された光を受光素子の2次元配置した撮像手段によりカラー撮像し、得られたカラー撮像信号をディジタル変換手段でディジタルの画像データにし、この画像データに信号処理を施す信号処理手段を介してこの画像データを出力する固体撮像装置において、ディジタルの画像データに画像の色調整および階調を補正するデータ補正手段、このデータ補正手段からの画像データを用いて受光素子の欠陥および/または画像におけるエッジ境界かの判定を行いながら、この判定結果に応じて

受光素子の位置における輝度データを求める輝度データ生成手段、この輝度データ生成手段で得た輝度データに基づいて受光素子の空隙位置における輝度データを求める輝度データ補間手段、この輝度データ補間手段と色R画素データを用いた色Rの補間、輝度データ補間手段と色B画素データを用いた色Bの補間、色G画素データによる色Gの補間を行うRGB補間手段、およびRGB補間手段を介して供給される画像データを基に輝度データおよび色差データを生成し、これらのデータに折返し歪の発生を防ぐ処理を施すとともに、この処理した輝度データに輪郭強調処理を施す表示画像生成手段を含む信号処理手段と、信号処理手段の各手段の判定、補間処理の制御を行う制御手段とを含むことを特徴とする。

【0010】ここで、輝度データ生成手段は、データ補正手段からの画像データを用いて受光素子の欠陥またはエッジ境界かの判定を色R、G、Bのそれぞれに対して行う欠陥判定手段と、この欠陥判定手段の結果に応じてこの欠陥のある受光素子での画素データを生成して輝度データの生成を行う欠陥処理手段と、欠陥判定手段による正常判定に伴い供給される画素データの相関方向に応じて輝度データの生成を行う相関対応処理手段とを含むことが好ましい。

【0011】欠陥判定手段は、受光素子を半ピッチずつずらして配した撮像手段にて領域中央とする受光素子の位置での色を色Bまたは色Rにして、この領域中央の画素に対して正方格子状の位置に色Gを配し、この色Gを最外周の範囲を表す画素データとして用いるとともに、中央の色と異色の受光素子を最外周上の四辺形の頂点位置に配した領域または受光素子を所定のピッチで規則的に配した撮像手段にて領域中央とする受光素子の位置での色を色Bまたは色Rにして、この領域中央の画素に対して正方格子状の位置に色Gを配し、中央の色と異色の受光素子を四辺形の頂点位置に配した領域を欠陥検出領域とし、この欠陥検出領域での斜め方向、水平方向および/または垂直方向における境界領域を考慮しながら、この境界により分割された領域の同色の画素データをほぼ同じレベルとみなす条件、この境界を表すレベル差の値、各領域の同色の画素のいずれ許容レベルならびに正常時に色毎の受光素子が採り得る上限値および下限値を用いて各受光素子の色毎に欠陥判定を行う同色判定手段を含むことが望ましい。

【0012】本発明の固体撮像装置は、制御手段で信号処理手段における判定、補間処理の制御を行うことにより以下の処理を行う。すなわち、輝度データ生成手段でデータ補正手段からの画像データを用いて受光素子の欠陥および/または画像におけるエッジ境界かの判定を行い、この判定結果に応じて受光素子の位置における輝度データを求めて欠陥の受光素子からの画素データを用いずに相関判定を行うことから相関の方向を誤って検出し画像の劣化を生じることにより画像に破綻を起こ

さない輝度データの生成を行う。さらに、輝度データ補間手段で得られた輝度データに基づいて受光素子の空隙位置における輝度データをも生成して、RGB補間手段でこの輝度データ補間手段と各色の画素データを用いてRGBプレーンデータを生成する。この生成により、高域周波数成分を含むデータにすることができる。これらの画素データを用いて輝度データおよび色差データを生成し、表示画像生成手段でこれらのデータに折返し歪の発生を防ぐ処理を施すとともに、この処理した輝度データに輪郭強調処理を施しても欠陥による撮像して得られた画像に破綻が生じないようにすることができる。

【0013】また、本発明は上述の課題を解決するために、光学系を介して被写界からの入射光を光電変換する2次元配置した受光素子の位置に対応させて色分解した光を受光してカラー撮像し、得られたカラー撮像信号をデジタルの画像データにし、該画像データに信号処理を施すとともに、受光素子からの欠陥データを補償する画素欠陥補償方法において、受光素子を半ピッチずつずらして配した撮像手段にて領域中央とする受光素子の位置での色を色Bまたは色Rにして、この領域中央の画素に対して正方格子状の位置に色Gを配し、この色Gを最外周の範囲を表す画素データとして用いるとともに、中央の色と異色の受光素子を最外周上の四辺形の頂点位置に配した領域または受光素子を所定のピッチで規則的に配した撮像手段にて領域中央とする受光素子の位置での色を色Bまたは色Rにして、この領域中央の画素に対して正方格子状の位置に色Gを配し、中央の色と異色の受光素子を四辺形の頂点位置に配した領域を欠陥検出領域とし、この欠陥検出領域での斜め方向、水平方向および/または垂直方向における境界領域を考慮しながら、この境界により分割された領域の同色の画素データをほぼ同じレベルとみなす条件、この境界を表すレベル差の値、各領域の同色の画素のいずれ許容レベルならびに正常時に色毎の受光素子が採り得る上限値および下限値を用いて各受光素子の色毎に欠陥判定を行う欠陥判定工程と、この欠陥判定工程の結果により欠陥と判定された受光素子の色を考慮して、この欠陥検出領域内の欠陥のある受光素子と同色の画素データを用いて欠陥を補償する欠陥補償工程とを含むことを特徴とする。

【0014】本発明の画素欠陥補償方法は、所定の欠陥検出領域で設定した条件および値との比較および判定を行い領域内の画素欠陥を検出し、この検出結果に応じて欠陥の色と同色の画素データを用いて欠陥の補償を行うことにより、撮像して得られた画像の破綻を回避する。

【0015】さらに、本発明上述の課題を解決するために、光学系を介して被写界からの入射光を光電変換する2次元配置した受光素子の位置に対応させて色分解した光を受光してカラー撮像し、得られたカラー撮像信号をデジタルの画像データにし、該画像データに信号処理を施すとともに、受光素子からの欠陥データを補償する

7
画素欠陥補償方法において、受光素子を半ピッチずつずらして配した撮像手段にて領域中央とする受光素子の位置での色を色Bまたは色Rにして、該領域中央の画素に対して正方格子状の位置に色Gを配し、この色Gを最外周の範囲を表す画素データとして用いるとともに、中央の色と異色の受光素子を最外周上の四辺形の頂点位置に配した領域または前記受光素子を所定のピッチで規則的に配した撮像手段にて領域中央とする受光素子の位置での色を色Bまたは色Rにして、この領域中央の画素に対して正方格子状の位置に色Gを配し、中央の色と異色の受光素子を四辺形の頂点位置に配した領域を欠陥検出領域とし、受光素子の欠陥が四辺形を形成する色Rまたは色Bにあり、かつ色Gにもある場合、欠陥のある受光素子からの画素データをこの欠陥のある受光素子と同色の受光素子からの画素データの平均とし、この画素データを含む同色同士の4画素データの平均と生成対象の異色の画素データとの加算平均から領域中央に位置する受光素子の輝度データを算出することを特徴とする。

【0016】この画素欠陥補償方法は、欠陥検出、欠陥画素のデータを用い、この欠陥画素でのデータ補償を行い、欠陥がある場合に輝度データ生成対象の色の画素データと補償した欠陥画素データを含む画素データの加算平均とを加算して輝度データを算出することでこの輝度データ生成対象の輝度データを生成している。

【0017】

【発明の実施の形態】次に添付図面を参照して本発明による固体撮像装置および画素欠陥補償方法の実施例を詳細に説明する。

【0018】本発明を適用した実施例のディジタルスチルカメラ10の構成を図1に示す。図1のディジタルスチルカメラ10には、光学レンズ系12、操作部14、システム制御部18、信号発生部20、タイミング信号発生部22、ドライバ部24、絞り調節機構26、光学ローパスフィルタ28、色分解部CF、撮像部30、前処理部32、A/D変換部34、信号処理部36、圧縮／伸張部38、記録再生部40、およびモニタ42が備えられている。これら各部を順次説明する。光学レンズ系12は、たとえば、複数枚の光学レンズを組み合わせて構成されている。光学レンズ系12には、図示しないが、これら光学レンズの配置する位置を調節して画面の画角を操作部14からの操作信号に応じて調節するズーム機構や被写体とカメラ10との距離に応じてピント調節する、AF(Automatic Focus:自動焦点)調節機構が含まれている。操作信号は、システムバス16を介してシステム制御部18に供給される。システム制御部18の制御により、後述する信号発生部20、タイミング信号発生部22を介してドライバ部24に信号を供給し、ドライバ部24は駆動信号を光学レンズ系12に供給する。

【0019】操作部14には、図示しないシャッタスイッチやたとえばモニタ画面に表示される項目を選択する機能が備えられている。特に、シャッタスイッチは、複数

の段階のそれぞれでカメラ10の操作を行うようにシステムバス16を介して操作信号をシステム制御部18に出力する。また、本実施例において操作部14は、欠陥画素判定を行うモードの選択などを行えるように、モニタに表示されるポインティングデバイスの操作も行う。この場合の操作部14の操作もシステム制御部18に操作信号として供給される。

【0020】システム制御部18は、たとえばCPU(Central Processing Unit:中央演算処理装置)を有する。システム制御部18には、ディジタルスチルカメラ10の動作手順が書き込まれたROM(Read Only Memory:読み出し専用メモリ)がある。システム制御部18は、たとえば、ユーザの操作に伴って操作部14から供給される情報とのROMの情報を用いて各部の動作を制御する制御信号を生成する。システム制御部18は、生成した制御信号を信号発生部20、あらわに制御信号の供給を示していないがタイミング信号発生部22、前処理部32、A/D変換部34の他に、システムバス16を介して信号処理部36、圧縮／伸張部38、記録再生部40およびモニタ42にも供給する。特に、システム制御部18は、後述する信号処理部36に対して各種の制御を行っている。

【0021】信号発生部20は、システム制御部18からの制御に応じてシステムクロックを発振器により発生する。信号発生部20は、このシステムクロックをタイミング信号発生部22および信号処理部36に供給する。また、システムクロックは、たとえばシステムバス16を介してシステム制御部18の動作タイミングの基準としても供給される。

【0022】タイミング信号発生部22は、供給されるシステムクロックを制御信号に基づいて各部を動作させるタイミング信号を生成する回路を含む。タイミング信号発生部22は、生成したタイミング信号を図1に示すように各部に出力するとともに、ドライバ部24にも供給する。ドライバ部24は、前述した光学レンズ系12のズーム調節機構およびAF調節機構の他、絞り調節機構26および撮像部30にも駆動信号をそれぞれ供給する。

【0023】絞り調節機構26は、被写体の撮影において最適な入射光の光束を撮像部30に供給するように入射光束断面積(すなわち、絞り開口面積)を調節する機構である。絞り調節機構26にもドライバ部24から駆動信号が供給される。この駆動信号は、前述したシステム制御部18からの制御に応じて動作させるための信号である。この場合、システム制御部18は、図示しないが、撮像部30で光電変換した信号電荷を基にAE(Automatic Exposure:自動露出)処理として絞り・露光時間を算出している。絞り調節機構26には、この算出した値に対応する制御信号が供給されたタイミング信号発生部22からの信号に応じた駆動信号がドライバ部24から供給される。

【0024】撮像部30は光電変換する撮像素子を光学レンズ系12の光軸と直交する平面が形成されるように配置

する。また、撮像素子の入射光側には、個々の撮像素子に対応して光学像の空間周波数をナイキスト周波数以下に制限する光学ローパスフィルタ28と一体的に色分解する色フィルタCFが一体的に配設される。本実施例では単板方式の色フィルタを用いて撮像する。色フィルタCFの種類等については後段でさらに詳述する。撮像素子には、CCD (Charge Coupled Device:電荷結合素子) や MOS (Metal Oxide Semiconductor:金属酸化型半導体) タイプがある。撮像部30は、供給される駆動信号に応じて光電変換によって得られた信号電荷を全画素読出しそる。また、撮像部30はこの撮像信号の読出しに限定されるものではなく、インターレースまたはX,Y アドレス方式で読み出すようにもよい。

【0025】前処理部32には、図示しないがCDS (Correlated Double Sampling: 相関二重サンプリング; 以下CDS という) 部が備えられている。CDS 部は、たとえば、CCD 型の撮像素子を用いて、基本的にその素子により生じる各種のノイズをタイミング信号発生部22からのタイミング信号によりクランプするクランプ回路と、タイミング信号により信号電荷をホールドするサンプルホールド回路を有する。CDS 部は、ノイズ成分を除去してA/D 変換部34に送る。A/D 変換部34は、供給される信号電荷というアナログ信号の信号レベルを所定の量子化レベルにより量子化してデジタル信号に変換するA/D 変換器を有する。A/D 変換部34は、タイミング信号発生部22から供給される変換クロック等のタイミング信号により変換したデジタル信号を信号処理部36に出力する。

【0026】信号処理部36には、データ補正部36a、輝度データ生成機能部36b、輝度データ補間機能部36c、高解像度ブレーン補間機能部36d、およびマトリクス処理部36e が含まれる。データ補正部36a には、図示しないが色の補正を行うガンマ補正回路や自動的にホワイトバランスの調整を行うAWB (Automatic White Balance) 回路等がある。特に、ガンマ補正回路は、ROM (Read Only Memory) に供給されるデジタル信号とのディジタル信号に対応して出力する補正データとを組にして複数のデータセットの集まりであるルックアップテーブルを用いる。データ補正部36a は、この配置に限定されるものではなく、後段に設けててもよいが、この位置に配することにより、ルックアップテーブルの個数が最小で済む。これら一連のデータ補正においてもタイミング信号発生部22からのタイミング信号に応じて供給される。データ補正部36a は、この処理した補正データを輝度データ生成機能部36b に出力する。

【0027】輝度データ生成機能部36b には、欠陥判定部36A、欠陥対応部36B、輝度データ算出部36C が備えられている。輝度データ生成機能部36b はシステム制御部18の制御により動作する。特に、欠陥判定部36A は、図2に制御線等の制御に関わる信号をあらわに図示していないがシステム制御部18により欠陥判定を行うかどうか

か制御される。欠陥判定部36A には、各色毎にR 判定部360A、G 判定部362A、366A、B 判定部364Aが備えられている。各判定部360A～366Aは、エッジの検出に設定した条件、正常な受光素子で取り得る上限／下限値および同一境界域の許容範囲を用いて色の画像データを比較する。各判定部360A～366Aは、それぞれ得られた比較結果に応じて欠陥の判定を行い、判定信号を出力する。ただし、欠陥検出領域の色フィルタ配置パターンを鑑みて最外周に位置する色の画素データから欠陥検出領域の中心に向かって欠陥判定を行う。すなわち、判定は色R・色G/色B・色G の順に行う。また、各判定部360A～366Aは、判定を行うだけで欠陥補償は行わない。

【0028】この欠陥補償は、欠陥対応部36B が担う。欠陥対応部36B には、RG欠陥対応部360BおよびBG欠陥対応部362Bが含まれる。RG欠陥対応部360Bは、欠陥検出領域内の色R、Gに欠陥画素が検出された場合、最外周に位置する色R の画素の欠陥を補償するとともに、領域内中央の画素位置、すなわち色B における輝度データを生成する機能を有する。また、BG欠陥対応部362Bは、RG欠陥対応部360Bと同様の手順で輝度データを生成する機能を有する。この機能は、欠陥検出領域内の色B、Gに欠陥画素が検出された場合、最外周に位置する色B の画素の欠陥を補償するとともに、領域内中央の画素位置、すなわち色R の輝度データ生成を行うことになる。欠陥の補償方法は後段で述べる。

【0029】輝度データ算出部36C は、受光素子に欠陥のない正常な画素データが供給される。輝度データ算出部36C は、供給される画素データを通常時の手順に基づいて各画素データ間の相関性を考慮して輝度データを算出する相関輝度の演算機能を有する。輝度データ算出部36C は、通常時の演算かどうかを欠陥判定部36A からの判定信号に応じて判別している。図2の輝度データ算出部36C は、欠陥判定部36A の各部から欠陥なしの判定信号(アクティブ「Low」) が供給される場合、インバブル動作になる。輝度データ生成機能部36b は、このように演算処理により受光素子の位置する画素での輝度データY (または高域輝度データY_hで表す) を生成し、輝度データ補間機能部36c に出力する。

【0030】輝度データ補間機能部36c は、供給される輝度データY の間にある仮想画素の位置における輝度データの補間生成を行う演算機能部である。この演算機能部は、輝度データY の補間生成を演算処理する演算回路の構成または所定の係数の積和でLPF (Low Pass Filter) 効果をもたらすLPF でもよい。LPF は図3に模式的に示す関係をディジタルで構成することができる。この補間生成の関係についても後段で説明する。輝度データ補間機能部36c は、ブレーンの輝度データY_hを生成し、高解像度ブレーン補間機能部36d に供給される。

【0031】高解像度ブレーン補間機能部36d は、ブレーンの輝度データY_hとデータ補正した三原色R、G、B の

11

画素データを入力し、これらのデータを用いてRブレーンデータ、GブレーンデータおよびBブレーンデータを生成する演算機能部である。高解像度ブレーン補間機能部36dには、図4に示すように、各色に対応させてR補間展開部360D、G補間展開部362DおよびB補間展開部364Dが備えられている。R補間展開部360D、G補間展開部362DおよびB補間展開部364Dには、高域輝度データY_Hが供給される。各色の補間展開部360D、362D、364Dは、高域輝度データY_Hおよびそれぞれの補間する色の画素データから各色のブレーンデータを生成する。高解像度ブレーン補間機能部36dは、生成した三原色RGBのブレーンデータをマトリクス処理部36eに出力する。高解像度ブレーン補間機能部36dには、あらわに図示しないがこれらの信号処理して得られた画像データを格納するとともに、非破壊読み出し可能なメモリをそれぞれ備えている。ブレーンな画素データの算出機能については後段で詳述する。

【0032】図1に戻って、マトリクス処理部36eには、図5に示すように、色差マトリクス部360E、アンチエリシアシングフィルタ部362Eおよびアーバーチャ調整部364Eが備えられている。色差マトリクス部360Eは、供給されるRブレーンデータ、GブレーンデータおよびBブレーンデータを用いて、画像表示に用いる形式、すなわち輝度データY、色差データ(R-Y)、(B-Y)に変換する。これらの出力形式のデータは、各色に定めた混合割合を乗算し演算することから得られる。混合割合を決める係数は、従来からの値を用いる。この変換した3つのデータがアンチエリシアシングフィルタ部362Eに出力される。アンチエリシアシングフィルタ部362Eには、これら3つのデータに対応してそれぞれローパスフィルタがある。各データの帯域は異なるが、ローパスフィルタ(LPF)3620E、3622Eおよび3624Eは、この帯域を含み折返し歪が生じないカットオフ周波数が選ばれている。アンチエリシアシングフィルタ部362Eは、歪のないデータを出力する。このうち、輝度データYがアーバーチャ調整部364Eに送られる。アーバーチャ調整部364Eは、輝度データYの周波数の高域を持ち上げる機能を有する輪郭補償器である。輪郭補償器は高域でのレスポンスの低下を補うように、たとえばトランズパーサルフィルタ等を用いて構成されている。このデータの高周波域のレベルを持ち上げることにより画像の輪郭強調等の効果をもたらす。また、LPF3622E、3624Eには、アーバーチャ調整部364Eの処理時間を考慮して遅延素子を設けてよい。このようにしてマトリクス処理部36eは、輝度データY、色差データ(R-Y)、(B-Y)を圧縮／伸張部38およびモニタ42に出力する。マトリクス処理部36eは、モニタ42に撮像した画像をシステムバス16を介して供給する。

【0033】このように構成して信号処理部36は、受光素子に欠陥があった際にこの受光素子の画素データを用いて相関補正を行うことにより画素の相関方向を誤って

10

12

判定し近傍の画像に影響を与える虞れを、欠陥画素の検出、判定および画素データの補償によって欠陥の目立たない画像データにして、最終的に輝度データYおよび色差データを生成して圧縮／伸張部38およびモニタ42に出力する。

【0034】再び図1に戻って、圧縮／伸張部38は、たとえば、直交変換を用いたJPEG (Joint Photographic Experts Group) 規格での圧縮を施す回路と、この圧縮した画像を再び元のデータに伸張する回路とを有する。圧縮／伸張部38は、システム制御部18の制御により記録時には圧縮したデータをシステムバス16を介して記録再生部40に供給する。また、圧縮／伸張部38は、前述と同様にシステム制御部18の制御により信号処理部36からのデータをスルーさせ、システムバス16を介してモニタ42に供給させてもよい。圧縮／伸張部38が伸張処理を行う場合、逆に記録再生部40から読み出したデータをシステムバス16を介して圧縮／伸張部38に取り込んで処理する。ここで、処理されたデータもモニタ42に供給して表示させる。

20

【0035】記録再生部40は、記録媒体に記録する記録処理部と、記録媒体から記録した画像データを読み出す再生処理部とを含む（ともに図示せず）。記録媒体には、たとえば、いわゆる、スマートメディアのような半導体メモリや磁気ディスク、光ディスク等がある。磁気ディスク、光ディスクを用いる場合、画像データを変調する変調部とともに、この画像データを書き込むヘッドがある。モニタ42は、システム制御部18の制御に応じてシステムバス16を介して供給される輝度データおよび色差データまたは三原色RGBのデータを画面の大きさを考慮するとともに、タイミング調整して表示する機能を有する。液晶表示のようなモニタを用いている場合、図示していないが、高解像度ブレーン補間機能部36dからの出力を、たとえば、間引きながら表示させるようにしてもよい。

30

【0036】図1に示すデジタルカメラ10は、このように構成して受光素子の欠陥が目立たないように信号処理し、得られた画像を記録するようにしている。ところで、デジタルカメラ10の動作を説明する前に、さらに、カメラの特徴の一つである撮像部30と色フィルタCFについてさらに説明する。図6は、撮像部30の撮像面を示している。撮像部30は、図6に示すように、入射する光を光電変換する受光素子PDに隣接した受光素子PDが垂直方向および水平方向にずらされて2次元配置された受光部30aと、この受光部30aの前面に形成された開口部APを迂回するように配置され、かつ受光素子PDからの信号を取り出す電極ELと、この電極ELを介して供給される信号を受光部30aの垂直方向に順次転送する垂直転送レジスタVR1～VR4とを備えている。

40

【0037】垂直転送レジスタVR1～VR4は、供給される垂直転送駆動信号V1～V4に応じて信号を転送してい

50

る。すなわち、垂直転送レジスタは1受光部あたり4電極構造になっている。また、1受光部領域の水平隣接領域が2電極構造で前述した画素ずれしている。本実施例の撮像部30に形成された開口部APは、六角形のハニカム形状に形成する。開口形状は、一般的に正方格子であるがこの形状は、感度を向上させるとともに、垂直転送レジスタの幅と同じにして転送効率を低下させないようにする条件を満たせばよい。のことから判るように形状は、多角形でもよく、この他の例としては、正方格子を45°回転させた開口形状として、たとえば、菱形等があり、さらに八角形等にしてもよい。

【0038】開口部APは、図6に示すように各開口部APを覆う色フィルタCFの直下にそれぞれ対応して配置される受光素子PDの間隔を各方向毎の画素ピッチPPとするとき、開口部APの配列は、一列毎に垂直方向にあるいは一行毎に水平方向に画素ピッチPP分だけ移動させた2次元配置になっている。四角形以上の多角形を用いる場合、開口形状に合わせて開口部APを隙間なく、隣接する開口部APが稠密な配置に配置にさせてよい。このような場合、配置する上での画素ピッチPPは半ピッチのずらしでもよい。図6のように六角形の場合、稠密な配置は、水平・垂直方向とも上述した画素ピッチPPの半分だけずらした配置により形成できる。このように稠密な配置を得るには開口部APの形状に依存する。

【0039】ここで、撮像部30が一般的に用いられる正方格子状の配置の場合と上述した画素ずらし、いわゆるハニカム配置の場合の配置関係を比較する。ハニカムの配置は、図7(a)に示すように画素ピッチPPがそれぞれN(μm)の正方格子状の配置をそれぞれ45°回転させた図7(b)に示す配置と等価である。また、ハニカム配置と等価な色フィルタCFは、図8に示すように模式的に表すと、受光素子のずらし配置に対応して三原色R, G, Bの原色フィルタがそれぞれそれを有するGストライプRB完全市松のパターンになる。このパターンをG正方格子RB完全市松パターンと呼ぶ。破線の正方形は受光素子のない仮想画素を示している。このパターンはR, Bが入れ替わっても構わない。なお、色フィルタCFは三原色RGBの原色フィルタに限定されるものでなく、補色フィルタでもよい。ただし、この場合、補色から原色を求める構成を追加する。図8においては、色フィルタR, G, Bに対応して記号R, G, Bで表すとともに、記号R, G, Bの添字は、受光素子（または画素）の位置を表す。

【0040】また、ここで、ハニカム配置は、正方格子状の配置における水平／垂直方向の隣接画素間距離|PP|=N(μm)を基準にしてN×(2)^{-1/2}と隣接画素間距離|PP|より短くなる（図7(b)を参照）。したがって、ハニカム配置は、正方格子状の配置よりも画素が稠密に配置されるので、原理的に水平・垂直方向の解像度を(2)^{1/2}倍に向上させることができる。また、ハニカム形状の配置から出力形態に見合う正方格子状の配置に展開す

る場合、仮想画素のデータは、隣接する画素データに基づいて前述した輝度データ補間機能部36cおよび高解像度ブレーン補間機能部36dで補間処理が行われる。この補間処理を行いながら正方格子状に展開すると、解像度は、単に正方格子状に受光素子PDを配置したときより高くできることがわかる。

【0041】このような特徴を有する撮像部30を適用したディジタルカメラ10による画像作成の動作手順を説明する。ディジタルカメラ10は、図9に示すメインルーチンの手順に従って一枚の画像を撮影する場合、操作部14のシャッタボタン操作によりAE, AFで得られた露光条件を考慮したタイミングで最初に撮像を行う（ステップS10）。ディジタルカメラ10には、異なる分光感度特性を有する、図6に示したような2次元配列された色フィルタCF、開口部APを順次介して撮像部30の受光素子PDに入射光が射し込む。受光素子PDでは、入射光を光電変換して得られた信号が電極EL、垂直転送レジスタVRを介し複数の水平転送レジスタHR（図示しない）から読み出して前処理部32に出力する。

【0042】次にこの読み出された信号に対して、信号処理における前処理を行う（ステップS12）。前処理としては、前処理部32でたとえば、CDS（相関二重サンプリング）処理を行って撮像部30からの信号に含まれるノイズ成分を除去している。

【0043】次に、ノイズ除去等が施された信号をA/D変換部34でディジタル信号に変換する（ステップS14）。この変換により各受光素子PDから供給される信号電荷を画素データに変換する。この変換より以後の信号処理をディジタル処理で行う。図1に図示していないが、特に、CCDイメージセンサを用いた際に非破壊タイプのバッファメモリを用いるとよい。この場合、バッファメモリはシステム制御部18から供給される書き込み／読み出しイネーブル信号やアドレス信号等の制御信号に応じて各色の画素データを信号処理部36に供給する。

【0044】次にステップS16では、たとえば、このディジタル化した画素データに白バランスやガンマ補正を施す。この処理は、信号処理部36のデータ補正部36aで行う。このように補正した画素データが輝度データ生成機能部36bに供給される。

【0045】輝度データ生成機能部36bでは、得られた画素データに対する欠陥判定を行わずに飛ばすかの判断を行う（ステップS18）。この判断は、あらかじめユーザがディジタルカメラ10の操作部14により設定しておいてよいし、または使用直前に操作部14を介して設定してもよい。判断に関わる制御は、システム制御部18によって行われる。欠陥判定を行わないと判断した場合(YE S)、サブルーチンSUB2に進む。また、欠陥判定を行うと判断した場合(NO)、サブルーチンSUB1に進む。サブルーチンSUB1, SUB2については後段でさらに具体的に説明する。サブルーチンSUB1で欠陥判定を行い、欠陥画素

の位置情報（および欠陥補償した画素データの生成）を実行した後に、サブルーチンSUB2に進む。

【0046】サブルーチンSUB2では、通常の（欠陥のないまたは欠陥があってもすでにその箇所の画素データを補償してある場合これまでと同様にそのまま）輝度データの生成を行うとともに、検出した欠陥にも対応した演算処理で輝度データ生成を行い、求めた輝度データを捕まえ、各色の画素データを考慮して3色のブレーンな画素データを生成する。この一連の処理を輝度データ算出部36C、輝度データ補間機能部36c、および高解像度ブレーン補間機能部36dで行っている（図1を参照）。後段で述べるように欠陥の有無に応じて輝度データの作成時に欠陥画素の補償を含めた処理により輝度データの生成を行いうようにしてもよい。

【0047】この生成した3色の画像データは、マトリクス処理部36eに供給される。マトリクス処理部36dでは、基本的に画像データ（ブレーン画素データ）を輝度データと色差データにマトリクス変換してモニタ42に出力するとともに、圧縮／伸張部38にも出力する（サブルーチンSUB3）。

【0048】このマトリクス処理後、モニタ42には撮像した画像を一時的に表示する（ステップS20）。また、生成した一枚の画像に対して圧縮／伸張部38で圧縮処理を施す（ステップS22）。ここで圧縮処理は、本実施例で前述したように直交変換を用いたJPEG規格の圧縮を施す。

【0049】この圧縮後、圧縮した画像データを記録再生部40&Cシステムバス16を介して供給する（ステップS24）。また、信号処理の施していない撮像データ、いわゆる生データを記録する場合に図1にあらわに図示していないが、たとえば、単に記録するのではなく、少なくとも信号処理のうち、欠陥判定の処理だけを行い、その判定結果も記録するようにしてもよい。この場合、記録再生部40には、A/D変換後のデータおよび欠陥判定部36Aからの欠陥位置データがシステムバス16を介して供給される。記録再生部40では、供給された画像データを記録／再生デバイスに応じて記録を行う。半導体メモリの場合、ディジタルデータそのものを記録し、データを変調させて記録する、たとえば、磁気変調、光変調等の場合、アナログ記録となる。記録時における処理を以上のように行って一枚の画像記録処理を終了する。

【0050】このように動作させることにより、画素（受光素子）の欠陥の影響を大きく受けける可能性のある、特に、相関性の強い画素データ同士から画像生成を行う相関判定を考慮した輝度データ生成の場合でも、画像の劣化に伴う破綻発生を回避することができ、高画質化を保つことができる。

【0051】次に前述した個々のサブルーチンの動作について説明する。まず、サブルーチンSUB1では、欠陥判定の処理を行う。欠陥判定には、2つの判定を用いる。

一つは、欠陥検出領域の測定対象の画素を色R、Gにして検出を行い、画像のエッジを考慮して画素の欠陥判定を行う方法である（サブルーチンSUB4：RG判定）。もう一つは、欠陥検出領域の測定対象の画素を色B、Gにして検出を行い、画像のエッジを考慮して画素の欠陥判定を行う方法である（サブルーチンSUB5：BG判定）。欠陥検出領域は、図11に示す2次元配置した受光素子PDの撮像面30Aを、たとえば一点鎖線30Dで囲む菱形状にする。しかも欠陥検出領域は相互に領域を重ね合わせるようにしている。これは、エッジを最大限さずに検出するためである。これにより、欠陥画素の誤り検出をなくすようしている。簡易的に欠陥判定する場合、サブルーチンSUB4またはサブルーチンSUB5のいずれか一方を用いて欠陥判定を行うようにしてもよい。欠陥判定の精度は低いながら処理時間を速くできる。

【0052】実際に欠陥判定を行う場合、サブルーチンSUB4およびSUB5の欠陥検出領域30Dは、一般的に、それぞれ図12(a)および図12(b)で表す画素配置である。すなわち、図12(a)では色Rの画素を四辺形（菱形）の頂点に配し、色Gの画素をその内側に格子状に配し、領域中央に色Bの画素を配した9画素である。また、図12(b)では、色Bの画素を四辺形（菱形）の頂点に配し、色Gの画素をその内側に格子状に配し、領域中央に色Rの画素を配した9画素である。図12において色の配置を一般的にかつ相対的に表すため添字表示と異なる表示にしている（R1～R4, G1～G4, B1；B1～B4, G1～G4, R1）。

【0053】次にサブルーチンSUB4について図13を用いて説明する。RG判定は、色Rの画素データによる斜めエッジ判定を行う（サブルーチンSUB6）。この判定により、検出領域30D内のエッジの有無が明らかになり、受光素子の欠陥があればその欠陥位置を記憶する。判定手順は後段で述べる。

【0054】斜め方向に対する判定の後、欠陥検出領域30D内に欠陥を検出したかどうかに応じて次の処理を分ける（サブステップSS40）。欠陥検出した場合（YES）、サブルーチンSUB8に進む。また、欠陥が未検出の場合（NO）、サブルーチンSUB7に進む。

【0055】サブルーチンSUB7では、色Rの画素データによる水平・垂直エッジ判定を行う。この判定においても検出領域30D内のエッジの有無が明らかになり、受光素子の欠陥があればその欠陥位置を記憶する。判定手順は後段で述べる。水平方向・垂直方向に対する判定の後、欠陥検出領域30D内に欠陥を検出したかどうかに応じて次の処理を分ける（サブステップSS42）。欠陥検出した場合（YES）、サブルーチンSUB8に進む。また、欠陥が未検出の場合（NO）、この領域における色Rの画素（受光素子）には欠陥がないものとしてサブルーチンSUB8に進む。

【0056】次に色Gの画素データによる斜めエッジ判

定を行う(サブルーチンSUB8)。この判定により、検出領域30D内のエッジの有無が明らかになり、受光素子の欠陥があればその欠陥位置を記憶する。この判定手順も後段で述べる。

【0057】斜め方向に対する判定の後、欠陥検出領域30D内に欠陥を検出したかどうかに応じて次の処理を分ける(サブステップSS44)。欠陥検出した場合(YES)、サブステップSS46に進む。また、欠陥が未検出の場合(NO)、サブルーチンSUB9に進む。

【0058】サブルーチンSUB9では、色Gの画素データによる水平・垂直エッジ判定を行う。この判定においても検出領域30D内のエッジの有無が明らかになり、受光素子の欠陥があればその欠陥位置を記憶する。判定手順は後段で述べる。水平方向・垂直方向に対する判定の後、欠陥検出領域30D内に欠陥を検出したかどうかに応じて次の処理を分ける(サブステップSS48)。欠陥検出した場合(YES)、サブステップSS46に進む。また、欠陥が未検出の場合(NO)、この領域における色Gの画素(受光素子)には欠陥がないものとしてリターンに進む。

【0059】サブステップSS46では、欠陥検出した受光素子の画素データを補償し、この欠陥検出領域30Dの中*

$$\{ |R1-R2| \geq L_0 \} \cap \{ |R2-R3| \geq L_0 \}$$

... (1a)

で判定する。条件式(1a)が真のとき(YES)、左斜めにエッジの可能性があるとしてサブステップSS602に移行する。また、偽のとき(NO)、この方向にエッジなしとしてサブステップSS604に移行する。そして、色Rの欠※

$$\{ |R3-R4| \geq L_0 \} \cap \{ |R2-R3| \geq L_0 \}$$

... (1b)

で判定する(サブステップSS602)。条件式(1b)が真のとき(YES)、左斜めにエッジの可能性がある。これは、条件式(1a)、(1b)の両方が真のとき(YES)に相当し、左斜めにエッジがあるとみなしてサブステップSS606に移行する。また、偽のとき(NO)、左斜め方向にエッジなしとしてサブステップSS604に移行する。★

$$\{ |R1-R3| \leq A_0 \} \cap \{ |R2-R4| \leq A_0 \}$$

... (1c)

で判定する。条件式(1c)が真のとき(YES)、正常と判定し、リターンに移行する。偽の場合(NO)、異常があるとしてサブステップSS608に移行する。

【0065】サブステップSS608では、条件式(1c)の各辺の条件が満たされているかを判定し、満たされていない画素を特定するためさらなる判定を行う。すなわち、 $\{ |R1-R3| \leq A_0 \}$ と $\{ |R2-R4| \leq A_0 \}$ をそれぞれ、判定する。そして、条件を満足しない画素データに対しては、色Rにおける正常範囲の上限値R_u／下限値R_lを用いてこの範囲内に画素データがあるかどうかを判定する($R_u > R1 > R_l$, $R_u > R2 > R_l$, $R_u > R3 > R_l$, $R_u > R4 > R_l$)。この結果、4つの画素データR1～R4がいずれも正常範囲を満足している場合(YES)、リターンに移行す☆

$$\{ |R1-R3| \geq L_0 \} \cap \{ |R2-R3| \geq L_0 \}$$

... (1d)

で判定する。条件式(1d)が真のとき(YES)、右斜めに

50 エッジの可能性があるとしてサブステップSS612に移行

* 央に位置する受光素子に対する輝度データY_cの生成も行う。この後、リターンに進む。リターンを介してサブルーチンSUB4を終了しサブルーチンSUB1に戻る。このようにして欠陥検出領域30D内の色R, Gの画素の欠陥判定を行なう。

【0060】さらにサブルーチンSUB4において用いたサブルーチンSUB6～SUB9を順次説明する。説明が理解しやすいように図12(a)の配置を参照しながら説明する。また、この欠陥検出は、検出領域内で1個の欠陥を見い出す手順である。エッジ検出における第1の条件は、エッジ境界を含む境界で隔てられた同色の画素データをほぼ同じ値とすることにある。また、境界とみなすレベル差をL₀とする。同じ画素領域に属しながらばらつきの許容レベル範囲をA₀とする。そして、個々の色に関する受光素子の上限(U)／下限(D)レベルを、それぞれ、R_u, R_l, G_u, G_l, B_u, B_lとする。まず、図14のサブルーチンSUB6において、色Rの欠陥判定対象を画素R4とする(サブステップSS600)。検出領域30Dにおいて左斜め方向にエッジがあるか条件式(1a)

【0061】

【数1】

※ 欠陥判定対象を画素R1とする。検出領域30Dにおいて左斜め方向にエッジがあるか条件式(1b)

【0062】

【数2】

★ 【0063】次にこの左斜めエッジの存在を考慮しながら、境界領域内の許容レベル差A₀を満たしているか、すなわち、正常かの判定を行う(サブステップSS606)。判定は条件式(1c)

【0064】

【数3】

☆る。また、これら4つの画素データのうち正常範囲を満足しない欠陥画素が検出された場合(NO)、検出した欠陥画素の位置をメモリ等に記憶する(サブステップSS610)。この後、リターンに移行し、この欠陥検出領域における判定を終了する。これが左斜めエッジの有りに応じた色Rの欠陥判定である。

【0066】次に前述したように、左斜めエッジがない場合(NO)、画素R4, R1の順に右斜め方向にエッジの検出を行うとともに、欠陥の検出判定を行う。検出領域30Dにおいて右斜め方向にエッジがあるか条件式(1d)

【0067】

【数4】

する。また、偽のとき(No)、この方向にエッジなしとしてサブステップSS614に移行する。そして、色Rの欠陥判定対象を画素R1とする。検出領域30Dにおいて右斜め

$\{ | R2-R4 | \geq L_o \} \cap \{ | R2-R3 | \geq L_o \}$ (1e)
で判定する(サブステップSS612)。条件式(1e)が真のとき(YES)、右斜めにエッジの可能性がある。これは、条件式(1d), (1e)の両方が真のとき(YES)に相当し、右斜めにエッジがあるとみなしてサブステップSS616に移行する。また、偽のとき(No)、右斜め方向にエッジなしとしてサブステップSS614に移行する。

$\{ | R1-R2 | \leq A_c \} \cap \{ | R3-R4 | \leq A_c \}$ (1f)
で行う。条件式(1f)が真のとき(YES)、正常と判定し、リターンに移行する。偽の場合(No)、異常があるとしてサブステップSS614に移行する。

[0071] サブステップSS614では、条件式(1f)の各辺の条件が満たされているかを判定し、満たされていない画素を特定するためさらなる判定を行う。すなわち、 $\{ | R1-R2 | \leq A_c \}$ と $\{ | R3-R4 | \leq A_c \}$ をそれぞれ、判定する。そして、条件を満足しない画素データに対しては、色Rにおける正常範囲の上限値R_u／下限値R_lを用いてこの範囲内に画素データがあるかどうかを判定する($R_u > R1 > R_l$, $R_u > R2 > R_l$, $R_u > R3 > R_l$, $R_u > R4 > R_l$)。この結果、4つの画素データR1～R4がいずれも正常範囲を満足している場合(YES)、リターンに移行する。また、これら4つの画素データのうち正常範囲を満足しない欠陥画素が検出された場合(No)、検出した★

$\{ | R1-R2 | \geq L_o \} \cap \{ | R1-R4 | \geq L_o \} \cap \{ | R1-R3 | \geq L_o \}$

*め方向にエッジがあるか条件式(1e)

[0068]

【数5】

$\{ | R2-R4 | \geq L_o \} \cdots (1e)$

* [0069] 次にこの右斜めエッジの存在を考慮しながら、境界領域内の許容レベル差A_cを満たしているか、すなわち正常かの判定を行う(サブステップSS616)。判定は条件式(1f)

[0070]

※10 【数6】

$\{ | R1-R2 | \leq A_c \} \cdots (1f)$

★欠陥画素の位置をメモリ等に記憶する(サブステップSS618)。この後、リターンに移行し、この欠陥検出領域における判定を終了する。これが右斜めエッジの有りに応じた色Rの欠陥判定である。

[0072] なお、前述した一連の関係に基づいて画素R₂, R₃について欠陥判定を行うならば、欠陥検出領域30Dの画素位置を90°回転させた位置関係で行うと、画素R₂, R₃でも容易に欠陥判定を行うことができる。

[0073] 次に水平・垂直方向のエッジを考慮した色Rの欠陥判定を説明する(サブルーチンSUB7:図15を参照)。この場合も欠陥検出領域30Dで欠陥判定を行う。まず、水平方向のエッジの有無に応じた欠陥判定を行う(サブステップSS700)。条件式(2a)

[0074]

【数7】

$\{ | R1-R2 | \geq L_o \} \cap \{ | R1-R4 | \geq L_o \} \cap \{ | R1-R3 | \geq L_o \} \cdots (2a)$

で判定を行う。条件式(2a)が真のとき(YES)、画素R2-R1-R3または画素R1にエッジ境界が存在する可能性がある。また、条件式(2b)

☆

$\{ | R2-R4 | \geq L_o \} \cap \{ | R1-R4 | \geq L_o \} \cap \{ | R3-R4 | \geq L_o \} \cdots (2b)$

での判定も行う。フローチャートにはあらわに記していないが、条件式(2a), (2b)のいずれかが真のとき(YES)、サブステップSS702に移行する。また、偽のとき(No)、サブステップSS704に進む。

[0076] 条件式(2a)により水平方向にエッジがある◆

$| R2-R4 | \leq A_c$
 $| R2-R3 | \leq A_c$
 $| R3-R4 | \leq A_c$

が3つとも成り立つ場合、色Rの画素は正常(YES)と判定できる。この判定の後、リターンに移行する。一方、条件式(2c)が真で条件式(2d)が偽(No)の場合、画素R3が欠陥と判断できる。同様に、条件式(2d)が真で条件式(2e)が偽の場合、および条件式(2e)が真で条件式(2c)が偽の場合、それぞれ画素の欠陥はR4, R2と判断できる。

◆として、画素R1が正常($R_u > R1 > R_l$)とし、エッジ境界の一方の広い側の領域に含まれる画素に対して、3つの条件式(2c)～(2e)

[0077]

【数9】

$| R1-R2 | \leq A_c$
 $| R2-R3 | \leq A_c$

* [0078] また、条件式(2b)により水平方向にエッジがあるとして、画素R1が正常($R_u > R4 > R_l$)とし、エッジ境界の一方の広い側の領域に含まれる画素に対して、3つの条件式(2f)～(2h)

[0079]

【数10】

21

$$| R1-R3 | \leq A$$

が3つとも成り立つ場合、色Rの画素は正常(YES)と判定できる。この判定の後、リターンに移行する。一方、条件式(2f)が真で条件式(2g)が偽(NO)の場合、画素R3が欠陥と判断できる。同様に、条件式(2g)が真で条件式(2h)が偽の場合、および条件式(2h)が真で条件式(2f)が偽の場合、それぞれ画素の欠陥はR1, R2と判断できる。

【0080】さらに、検出した欠陥画素が本当に正常範囲に収まらないのかを判定する(サブステップSS706)。色Rにおける正常範囲の上限値R_u／下限値R_oを用いてこの範囲内に画素データがあるかどうかをそれぞれ、判定する(R_u > R1 > R_o, R_u > R2 > R_o, R_u > R3 > R_o, R_u > R4 > R_o)。この結果、4つの画素データR1～R4がい*

$$\{ | R1-R3 | \geq L_o \} \cap \{ | R2-R3 | \geq L_o \} \cap \{ | R4-R3 | \geq L_o \}$$

22

... (2h)

* ずれも正常範囲を満足している場合(YES)、リターンに移行する。また、これら4つの画素データのうち正常範囲を満足しない欠陥画素が検出された場合(NO)、検出した欠陥画素の位置をメモリ等に記憶する(サブステップSS708)。この後、リターンに移行し、この欠陥検出領域における判定を終了する。

【0081】また、水平方向にエッジがないと判定された場合、前述した通りサブステップSS704に移行する。サブステップSS704では、垂直方向のエッジ検出を考慮しながら、欠陥判定を行う。判定は条件式(3a)

【0082】

【数11】

で行う。条件式(3a)が真のとき(YES)、画素R1～R1～R4または画素R3にエッジ境界が存在する可能性がある。また、判定は条件式(3b)

$$\{ | R1-R2 | \geq L_o \} \cap \{ | R4-R2 | \geq L_o \} \cap \{ | R3-R2 | \geq L_o \}$$

... (3a)

※ 【0083】

【数12】

... (3b)

★として、画素R3が正常(R_u > R3 > R_o)とし、エッジ境界の一方の広い側の領域に含まれる画素に対して、3つの条件式(3c)～(3e)

【0085】

【数13】

... (3c)

... (3d)

... (3e)

でも行う。フローチャートにはあらわに記していないが、条件式(3a), (3b)のいずれかが真のとき(YES)、サブステップSS710に移行する。また、偽のとき(NO)、サブステップSS712に進む。

【0084】条件式(3a)により水平方向にエッジがある★

$$\begin{aligned} | R1-R4 | &\leq A \\ | R1-R2 | &\leq A \\ | R2-R4 | &\leq A \end{aligned}$$

が3つとも成り立つ場合、色Rの画素は正常(YES)と判定できる。この判定の後、リターンに移行する。一方、条件式(3c)が真で条件式(3d)が偽(NO)の場合、画素R2が欠陥と判断できる。同様に、条件式(3d)が真で条件式(3e)が偽の場合、および条件式(3e)が真で条件式(3c)が偽の場合、それぞれ画素の欠陥はR4, R1と判断できる。

☆

$$\begin{aligned} | R1-R4 | &\leq A \\ | R1-R3 | &\leq A \\ | R3-R4 | &\leq A \end{aligned}$$

が3つとも成り立つ場合、色Rの画素は正常(YES)と判定できる。この判定の後、リターンに移行する。一方、条件式(3f)が真で条件式(3g)が偽(NO)の場合、画素R3が欠陥と判断できる。同様に、条件式(3g)が真で条件式(3h)が偽の場合、および条件式(3h)が真で条件式(3f)が偽の場合、それぞれ画素の欠陥はR4, R1と判断できる。

【0088】さらに、検出した欠陥画素が本当に正常範囲に収まらないのかを判定する(サブステップSS712)。色Rにおける正常範囲の上限値R_u／下限値R_oを用いてこの範囲内に画素データがあるかどうかをそれぞ

30☆【0086】また、条件式(3b)により水平方向にエッジがあるとして、画素R2が正常(R_u > R2 > R_o)とし、エッジ境界の一方の広い側の領域に含まれる画素に対して、3つの条件式(3f)～(3h)

【0087】

【数14】

... (3f)

... (3g)

... (3h)

れ、判定する(R_u > R1 > R_o, R_u > R2 > R_o, R_u > R3 > R_o, R_u > R4 > R_o)。この結果、4つの画素データR1～R4がいずれも正常範囲を満足している場合(YES)、リターンに移行する。また、これら4つの画素データのうち正常範囲を満足しない欠陥画素が検出された場合(NO)、検出した欠陥画素の位置をメモリ等に記憶する(サブステップSS714)。この後、リターンに移行し、この欠陥検出領域における水平・垂直方向のエッジを考慮した欠陥判定を終了する。

【0089】次に色Gに関する斜め方向のエッジを考慮しながら、欠陥画素の判定を行うサブルーチンSUB8につ

50

いて図16を用いて説明する。欠陥検出領域30Dの色Rにおいて先に求めた斜め方向のエッジ検出結果を考慮して、欠陥判定を行う（サブステップSS800）。この場合

$$\begin{aligned} |G2-G3| &\leq L_0 \\ |G1-G4| &\leq L_0 \end{aligned}$$

でそれぞれ判定する。検出領域30Dにおいて条件式(4a)が真のとき（YES）、左斜め方向にエッジがある可能性がある。また、条件式(4b)が真のとき（YES）、右斜め方向にエッジがある可能性がある。この条件式(4a)に加え

$$\begin{aligned} \{ |G1-G2| \leq A_0 \} \cap \{ |G2-G4| \leq A_0 \} \\ \{ |G1-G3| \leq A_0 \} \cap \{ |G3-G4| \leq A_0 \} \end{aligned}$$

のいずれか一方が成立する。条件式(4c)が成立するととき、画素G2は正常と言える（サブステップSS802:YESを参照）。同様に、条件式(4d)が成立するとき、画素G3も正常である（サブステップSS804:YESを参照）。一方、成り立たなかった方の条件式に2つ含まれる画素、すなわち画素G2または画素G3にはエッジの画素と欠陥の画素★

$$\begin{aligned} \{ |G2-G4| \leq A_0 \} \cap \{ |G3-G4| \leq A_0 \} \\ \{ |G1-G3| \leq A_0 \} \cap \{ |G1-G2| \leq A_0 \} \end{aligned}$$

のいずれか一方が成立する。条件式(4e)が成立するととき、画素G4は正常と言える（サブステップSS808:YESを参照）。同様に、条件式(4f)が成立するとき、画素G1も正常である（サブステップSS810:YESを参照）。一方、成り立たなかった方の条件式に2つ含まれる画素、すなわち画素G4または画素G1にはエッジの画素と欠陥の画素のいずれかの可能性がある（サブステップSS808:NO;サブステップSS810:NOを参照）。さらに正常範囲にあるか比較判定を行う（サブステップSS806）。

【0094】サブステップSS806では、欠陥の可能性を有する画素に対するチェックを行う（ $G_0 > G1 > G_0, G_0 > G2 > G_0, G_0 > G3 > G_0, G_0 > G4 > G_0$ ）。この結果、4つの画素データG1～G4がいずれも正常範囲を満足している場合（YES）、リターンに移行する。また、これら4つの☆

で表される。条件式(5a)条件を満足している場合（YES）、エッジを有する可能性および画素欠陥を含む可能性があることを意味する。この結果を受けて処理手順をサブステップSS902に移行する。

【0097】条件式(5a)が満たされていないとき（NO）、エッジがない場合とこれらの画素欠陥を含むこと40が推定される。画素欠陥の推定は後で行うことにして垂◆

$$\begin{aligned} |G1-G3| &\leq A_0 \\ |G2-G4| &\leq A_0 \end{aligned}$$

を用いて判定する。条件式(5b)、(5c)は、それぞれサブステップSS902、SS906の判定に相当している。両サブステップSS902、SS906の判定が真のとき、色Gの4画素（受光素子）は正常と判断してリターンに移行する。ここで、画素G1、G3または画素G2、G4の組の画素データが正常範囲をともに越えて異常ながらも両者の値の差がない可能性もあるがここでは無視し、サブステップSS91

* 合、条件式(4a)、(4b)

【0090】

【数15】

… (4a)

… (4b)

※えて、条件式(4c)、(4d)

【0091】

【数16】

… (4c)

… (4d)

★のいずれかの可能性がある（サブステップSS802:NO;サブステップSS804:NOを参照）。さらに正常範囲にあるか比較判定を行う（サブステップSS806）。

【0092】また、条件式(4b)に加えて

【0093】

【数17】

… (4e)

… (4f)

20★画素データのうち正常範囲を満足しない欠陥画素が検出された場合（NO）、検出した欠陥画素の位置をメモリ等に記憶する（サブステップSS812）。この後、リターンに移行し、この欠陥検出領域における水平・垂直方向のエッジを考慮した欠陥判定を終了する。

【0095】欠陥判定の最後に、色Gの水平・垂直方向のエッジを考慮しながら、欠陥判定するサブルーチンSU B9を説明する。図17に示すように、垂直方向のエッジを考慮しながら、欠陥判定を行う（サブステップSS900）。この欠陥判定のうち、領域中央または正方格子の垂直方向の一辺側にエッジがあるかどうか判定する場合を例に挙げる。この場合の条件は、条件式(5a)

【0096】

【数18】

… (5a)

◆直方向にエッジがないとして水平方向のエッジを考慮しながらの欠陥判定に移行する（サブステップSS904）。

【0098】サブステップSS902では、領域内の画素データのレベルが同程度であるか条件式(5b)、(5c)

【0099】

【数19】

… (5b)

… (5c)

4の処理で検討する。

【0100】条件式(5b)、(5c)が条件を満たさない場合、各値が正常範囲にあるか判定する（サブステップSS908）。欠陥の可能性を有する画素に対するチェックは、 $G_0 > G1 > G_0, G_0 > G2 > G_0, G_0 > G3 > G_0, G_0 > G4 > G_0$ で行う。この結果、4つの画素データG1～G4がいずれも正常範囲を満足している場合（YES）、リターンに移行

する。また、これら4つの画素データのうち正常範囲を満足しない欠陥画素が検出された場合(NO)、検出した欠陥画素の位置をメモリ等に記憶する(サブステップSS910)。この後、リターンに移行し、この欠陥検出領域における水平・垂直方向のエッジを考慮した欠陥判定を終了する。

【0101】次に前述したように、垂直方向にエッジが*

$$\{ | G1-G3 | \geq L_0 \} \cap \{ | G2-G4 | \geq L_0 \}$$

で表される。条件式(6a)条件を満足している場合(YES)、エッジを有する可能性および画素欠陥を含む可能性があることを意味する。この結果を受けて処理手順をサブステップSS912に移行する。

【0103】条件式(6a)が満たされていないとき(N)、エッジがない場合とこれらの画素欠陥を含むことが推定される。画素欠陥の推定は後で行うことにして水※

$$| G1-G2 | \leq A$$

$$| G3-G4 | \leq A$$

を用いて判定する。条件式(6b)、(6c)は、それぞれサブステップSS912、SS916の判定に相当している。両サブステップSS912、SS916の判定が真のとき、色Gの4画素(受光素子)は正常と判断してリターンに移行する。ここで、画素G1、G3または画素G2、G4の組の画素データが正常範囲をともに越えて異常ながらも両者の値の差が少ない可能性もあるがここでは無視し、サブステップSS914の処理で検討する。

【0106】条件式(6b)、(6c)が条件を満たさない場合、各値が正常範囲にあるか判定する(サブステップSS914)。欠陥の可能性を有する画素に対するチェックは、 $G_0 > G1 > G_0$ 、 $G_0 > G2 > G_0$ 、 $G_0 > G3 > G_0$ 、 $G_0 > G4 > G_0$ で行う。この結果、4つの画素データG1～G4がいずれも正常範囲を満足している場合(YES)、リターンに移行する。また、これら4つの画素データのうち正常範囲を満足しない欠陥画素が検出された場合(NO)、接続子A★

$$Y_{n1} = B1/2 + (R1+R2+R3)*4/3)/8$$

を用いる。この演算は、図2に示したRG欠陥対応部360Bで行う。図10のサブルーチンSUB1のうち、サブルーチンSUB5のBG判定処理はこれまで説明した関係を考慮してほぼ同じ手順で進めるといよい。繰り返しになるので手順の説明は省略する。BG判定処理で色Bの画素および色Cの☆

$$Y_{n1} = R1/2 + (B1+B2+B3)*4/3)/8$$

を用いる。この演算は、図2に示したBG欠陥対応部362Bで行う。

【0110】欠陥が検出されなかった場合、アクティブ「L」の信号が輝度データ算出部36Cに供給される。この信号を受けて輝度データ算出部36CはサブルーチンSUB2に従って各種の画素生成処理(サブルーチンSUB10、SUB11、SUB12)を行う。まず、画素生成処理を行うサブルーチンSUB2について説明する。サブルーチンSUB2は、図18に示すように、サブルーチンSUB10でこの市松処理により受光素子の位置に高域輝度データ Y_n を生成し、サ

* 検出されなかった場合、水平方向のエッジを考慮しながら、欠陥判定を行う(サブステップSS904)。この欠陥判定のうち、領域中央または正方格子の水平方向の一辺側にエッジがあるかどうか判定する場合を例に挙げる。この場合の条件は、条件式(6a)

【0102】

【数20】

··· (6a)

※ 平方向にエッジがないとして個々の画素データに対する
10 欠陥判定処理に移行する(サブステップSS914)。

【0104】サブステップSS912では、領域内の画素データのレベルが同程度であるか条件式(6b)、(6c)

【0105】

【数21】

··· (6b)

··· (6c)

★を介して検出した欠陥画素の位置をメモリ等に記憶する(サブステップSS910)。この後、リターンに移行し、20 この欠陥検出領域における水平・垂直方向のエッジを考慮した欠陥判定を終了する。

【0107】このようにして、斜め・水平・垂直方向にエッジ検出しながら、欠陥判定を行っている。この欠陥判定の結果を受けて、欠陥画素のデータを補償する(図13のサブステップSS46)。欠陥画素の補償は、欠陥検出領域30D内における同色の正常画素データを用い、その加算平均した値を対応させる。また、ここでは、欠陥検出領域30D内の領域中央に位置する色B1における輝度データ Y_{n1} も欠陥補償したデータを用いて算出する(サブステップSS46: 式(7)を参照)。計算式は、式(7)

【0108】

【数22】

··· (7)

☆ 画素に欠陥が生じている場合、輝度データ Y_{n1} は、式

(8)

【0109】

【数23】

··· (8)

ブルーチンSUB11ではこのデータを基に仮想画素の位置での高域輝度データ Y_n を補間生成し、さらにサブルーチンSUB12でRGBブレーンデータを算出する処理である。この処理手順についてさらに各サブルーチンの動作手順を説明する。

【0111】まず、モードが適応処理モードであるかどうかの判別を行う(サブステップSS1000)。適応処理モードの場合(YES)、図19のサブステップSS1002に進む。また、モードが適応処理モードでなかった場合(N)、接続子Bを介して図21のサブステップSS1004に進

む。

【0112】次にサブステップSS1002では、斜め相関処理を行うかどうか選択を行う。斜め相関処理を行う場合(YES)、サブステップSS1006に進む。また、斜め相関処理を行わない場合(NO)、接続子Cを介してサブステップSS1008に進む。サブステップSS1008では、相関処理を行うかどうかの判定を行う。

【0113】ところで、上述したサブステップSS1004では、適応処理モードと関係なく輝度データの算出が行われる。この処理を行うにあたり撮像部30のCCDイメージセンサが本来図22に示すように2次元配列されている。

ここで、添字は、各受光素子の画素としての位置を行列表現で表した際の位置である。また、実在する受光素子*

$$Y_{zz} = R_{zz}/2 + (R_{z+} + R_{z-} + R_{+z} + R_{-z})/8$$

から得られる。また、画素データ R_{zz} の位置に対応する輝度データ Y_{zz} は、画素データ R_{zz} とその周囲に位置する画素データRの4画素、すなわち画素データ $R_{00}, R_{0+}, R_{+0}, R_{++}$ を用いて

$$Y_{zz} = R_{zz}/2 + (R_{00} + R_{0+} + R_{+0} + R_{++})/8$$

から得られる。周囲の画素を用いて補正する補正量はこれら4つの画素の総和を画素数を倍した数、すなわち $4 \times 2=8$ で割った値を作成対象画素の半値に加算して求めている。これは、算出した平均値に係数0.5を掛けていることと同じである。各画素に対してこの演算を行って輝度データYが求められている。このようにして得られた結果、図23に示す輝度データの市松状のパターンが得られる。なお、このような演算は、後述するように斜め方向、垂直方向および水平方向に相関がないときにも行われる。

【0116】次にサブステップSS1006では、この斜め処理を行う場合段階を踏んで行うかどうかの判定を行う。★30

$$ARS_L = |R_{00} - R_{++}|$$

$$ARS_R = |R_{00} - R_{--}|$$

から得られる。添字“L”, “R”は、それぞれ斜め(S)の傾斜が左斜めと右斜めにあることを示している。図22の配列を反時計方向に45°回転させた場合、水平方向と垂直方向に対応する。算出した比較データ ARS_L と ARS_R の値を用いてさらに相関値($ARS_L - ARS_R$)、($ARSL - ARSR$)が算出される。

【0119】次にサブステップSS1014では、算出した相関値($ARS_L - ARS_R$)と新たに設けられた所定の判定基準値JOよりも相関値が大きいとき(YES)、 ARS_R の値が☆

$$Y_{zz} = R_{zz}/2 + (R_{00} + R_{++})/4$$

から得られる。

【0121】サブステップSS1018では、算出した相関値($ARS_R - ARS_L$)と所定の判定基準値JOよりも相関値が大きいとき(YES)、左斜め方向に相関があると判断してサブステップSS1020に進む。また、上述した条件が満たされないと(相関値($ARS_R - ARS_L$) < JO) (NO)、こ◆

$$Y_{zz} = R_{zz}/2 + (R_{00} + R_{--})/4$$

から得られる。サブステップSS1016とサブステップSS10

*の画素は、実線で仮想受光素子に対応する画素は、破線で表している。基本的に輝度データYは、画素データGと画素データR, Bを用いて(0.5*R+0.5B)で算出できることが知られている。この場合も画素データGは、そのまま輝度データとみなして扱われる(画素データG=輝度データ)。また、画素データR, Bによる輝度データは、実在する受光素子の位置に対応する色がGではなくR/Bの場合に、たとえば、図22の画素データ R_{zz} の位置に対する輝度データ Y_{zz} は、画素データ R_{zz} とその周囲に位置する画素データBの4画素、すなわち画素データ $R_{00}, R_{0+}, R_{+0}, R_{++}$ を用いて

【0114】

【数24】

... (9)

* $R_{zz}, R_{00}, R_{0+}, R_{+0}, R_{++}$ を用いて

【0115】

【数25】

... (10)

★斜め処理を複数の段階を踏まえて行うと判定したとき(YES)、サブステップSS1010に進む。また、斜め処理を複数の段階を経て行わないとするとき(NO)、サブステップSS1012に進む。

【0117】ここで、サブステップSS1010では、比較データの算出を行う。算出に用いる画素データには、作成対象の画素データの色と同色の画素データを用いる。比較データARSは、たとえば、その対象の画素データがR_{zz}の場合、周囲の画素データ $R_{00}, R_{0+}, R_{+0}, R_{++}$ を用いて、

【0118】

【数26】

... (11)

... (12)

☆小さいことを示し、換言すると用いた画素データの値が似ていることを意味する。これにより、右斜め方向に相関があると判断してサブステップSS1016に進む。また、上述した条件が満たされないと(相関値($ARS_L - ARS_R$) < JO) (NO)、この作成対象画素に対する右斜め相関がないとしてサブステップSS1018に進む。サブステップSS1016では、この場合、輝度データ Y_{zz} が

【0120】

【数27】

... (13)

◆の作成対象画素に対する左斜め相関がないと判定してサブステップSS1022に進む。サブステップSS1020では、この場合、輝度データ Y_{zz} が

【0122】

【数28】

... (14)

20の輝度データ算出後は、接続子Dを介して図21のサブ

ステップSS1024に進む。

【0123】次にサブステップSS1022では、新たな比較データの算出を行う。ここで、算出に用いる画素データは、作成対象画素データの色と異なっている。たとえば、色Gを用いて比較データを算出する。比較データAG*

$$\begin{aligned} AGS_x &= |G_{11}-G_{13}| \\ AGS_y &= |G_{11}-G_{31}| \end{aligned}$$

から得られる。このサブステップでは算出した比較データ AGS_x と AGS_y の値を用いてさらに相関値($AGS_x - AGS_y$)、($AGS_x + AGS_y$)も算出される。この処理後、接続子Eを介して図20のサブステップSS1026に進む。

【0125】次にサブステップSS1026では、算出した相関値($AGS_x - AGS_y$)と、たとえば、新たに設けられた所定の判定基準値 $J0a$ よりも相関値が大きいとき(YES)、ここでも AGS_x の値が小さいことから、用いた画素データの値が似ていることを推定する。これにより、右※

$$Y_{22}=R_{22}/2+(G_{11}+G_{31})/4$$

から得られる。また、輝度データ Y_{22} は、式(13)から算出してもよい。

【0127】サブステップSS1030では、算出した相関値($AGS_x - AGS_y$)と所定の判定基準値 $J0a$ よりも相関値が大きいとき(YES)、左斜め方向に相関があると判断してサブステップSS1032に進む。また、上述した条件が満★

$$Y_{22}=R_{22}/2+(G_{11}+G_{31})/4$$

から得られる。また、輝度データ Y_{22} は、式(14)でもよい。サブステップSS1028とサブステップSS1032の輝度データ算出後は、接続子Dを介して図21のサブステップSS1024に進む。

【0129】ところで、サブステップSS1006において簡易的な斜め処理を選んだ場合、サブステップSS1012に進むことはすでに述べた。このサブステップSS1012では、比較データの算出を行う。比較データは、たとえば、適☆

$$AG=|G_{11}+G_{31}-(G_{11}+G_{31})|$$

から得られる。画素データが色Rの場合について説明しているが、色Bの場合も周囲の画素データGから算出する。この算出により、左右のいずれか一方に傾きを有する大きい方の値が比較データAGとして得られることになる。この演算の後、サブステップSS1034に進む。

【0131】サブステップSS1034では、対象の画素データを挟んで斜めに位置する画素データに相関(すなわち、斜め相関)があるかどうか判定を行う。この判定には、判定基準値として新たにJ1が設定されている。比較データAGが判定基準値J1以上に大きいとき(YES)、サブステップSS1036に進む。また、比較データAGが判定基準値J1よりも小さいとき(NO)、接続子Cを介して図20のサブステップSS1008に進む。

【0132】サブステップSS1036では、比較データAGの算出に用いた4つの画素データGを平均して輝度データYを算出する。作成対象の画素に対して複数の段階や簡易的な斜め方向に配された画素が相関しているかという

* Sは、たとえば、その対象の画素データが R_{22} の場合、比較データAGSは、周囲の画素データ $G_{11}, G_{13}, G_{31}, G_{33}$ を用いて、

【0124】

【数29】

... (15)

... (16)

※斜め方向に相関があると判断してサブステップSS1028に進む。また、上述した条件が満たされないと(相関値($AGS_x - AGS_y$) < J0a) (NO)、この作成対象画素に対する右斜め相関がないと判定してサブステップSS1030に進む。サブステップSS1028では、この場合、輝度データ Y_{22} が

【0126】

【数30】

... (17)

★たされないと(相関値($AGS_x - AGS_y$) < J0a) (NO)、この作成対象画素に対する左斜め相関がないとしてサブステップSS1008に進む。サブステップSS1032では、この場合、輝度データ Y_{22} が

【0128】

【数31】

... (18)

☆応処理を施す対象の画素データを中心にしてその周囲の画素データがどの方向に相関しているかの判別に用いる。たとえば、その対象の画素データが R_{22} の場合、比較データAGは、周囲の画素データ $G_{11}, G_{13}, G_{31}, G_{33}$ を用いて、

【0130】

【数32】

... (19)

判定により、少なくとも、図24(a)～(f)の6パターンが、たとえば、画素データ $R=R_{22}$ に対して判別されることになる。ところで、一般的に、図24(a)～(f)の斜線部分と斜線のない領域の近傍には偽色が発生してしまう虞れがある。しかしながら、境界近傍に位置する画素データRにおける輝度データYが、上述した演算により算出されると、画像全体として見た際に色境界での偽色の発生を良好に抑圧することができる。具体的な説明を省略するが画素データ $B=B_{22}$ に対してもサブステップSS1014～SS1020、SS1026～SS1032およびSS1034からSS1036と同様に比較データを算出し斜め相関の有無に基づいた適応的な輝度データYを作成することができる。

【0133】サブステップSS1036の処理の後、接続子Dを介して図21のサブステップSS1024に進む。これにより、一連の斜め処理が終了する。サブステップSS1034で斜め処理を行わない場合(NO)、接続子Cを介してサブステップSS1008に進む。このサブステップ以降に行われ

31

る処理は、作成対象画素に対する水平・垂直方向の相関の有無に応じたデータ処理である。サブステップSS1008では相関処理をするかどうかの判定を行う。相関処理を受光素子（または色フィルタ）の広い範囲に関して他の方向、すなわち水平・垂直方向の相関を行う場合の判定である。この判定を行うとき（YES）、サブステップSS1038に進む。この判定をしないとき（NO）、接続子Bを介して図21のサブステップSS1004に進む。

$$ABR_v = |B_{v2} - B_{v1}|$$

$$ABR_h = |B_{h0} - B_{h1}|$$

により算出する。算出した比較データ ABR_v 、 ABR_h の値を用いてさらに相関値 $(ABR_v - ABR_h)$ 、 $(ABR_h - ABR_v)$ が算出された際に、新たに設けられた所定の判定基準値 $J2$ に対する各方向の相関値の大きさを比較して相関の有無を判定する手順を説明する。

【0136】サブステップSS1040では、対象の画素データを挟んで垂直に位置する画素データに相関（すなわち、垂直相関）があるかどうか判定を行う。この判定には、判定基準値として $J2a$ が設定されている。比較データ ABR_v と比較データ ABR_h の差が判定基準値 $J2a$ 以上に大※20

$$Y_{v2} = R_{v2}/2 + (B_{v2} + B_{v1})/4$$

により得られる。この後、この画素データにおける輝度データYの算出を終了したものとみなして接続子Dを介して図21のサブステップSS1024に進む。

【0139】次にサブステップSS1044では、対象の画素データを挟んで水平に位置する画素データに相関（すなわち、水平相関）があるかどうか判定を行う。この判定には、判定基準値として前述した $J2b$ を用いる。比較データ ABR_v と比較データ ABR_h の差が判定基準値 $J2b$ 以上に大きいとき（YES）、水平相関があると判定してサブス★30

$$Y_{h2} = R_{h2}/2 + (B_{h2} + B_{h1})/4$$

により得られる。この後、この画素データにおける輝度データYの算出を終了したものとみなして接続子Dを介してサブステップSS1024に進む。

【0142】次にサブステップSS1048では、たとえば、作成対象画素である色Rの画素に対する周囲の色Bの画素の相関判定を行うかどうかを選択する。色Rの画素が周囲の色Bの画素の中央位置に配されているので、サブステップSS1040、SS1044における画素間の距離が短い。すなわち、たとえば、垂直方向において、画素 R_{v2} -画素 B_{v2} 、画素 R_{v1} -画素 B_{v1} は、画素 B_{v2} -画素 B_{v1} の半分の距離である。この関係は、作成対象画素と水平方向に位置する画素においても言える。したがって、前述した水平・垂直方向の相関判定に比べてより受光素子（または色フィルタ）の狭い範囲に対する相関の有無判定が以後の処理で行われることが判る。この相関判定を行う場合（YES）、サブステップSS1050に進む。また、この☆

$$ACR_v = |C_{v1} - C_{v2}| + |C_{v1} - C_{v3}|$$

$$ACR_h = |C_{h1} - C_{h2}| + |C_{h1} - C_{h3}|$$

により算出する。この処理の後、サブステップSS1012に進む。この比較データを用いることにより、より一層画

32

* 【0134】サブステップSS1038では、比較データを算出する。ここでも画素データ $R=R_v$ に対する一例を挙げて説明する。この処理では画素データ $R=R_v$ に対する垂直方向の比較データ ABR_v と水平方向の比較データ ABR_h を周囲に配置されているもう一方の色の画素データ、すなわち画素データBを用いて式(20)、式(21)

【0135】

【数33】

... (20)

... (21)

* きいとき（YES）、垂直相関があると判定してサブステップSS1042に進む。また、比較データの差 $(ABR_v - ABR_h)$ が判定基準値 $J2a$ よりも小さいとき（NO）、垂直相関がないものとみなしサブステップSS1044に進む。

【0137】サブステップSS1042では、相関のあるということは画素データ同士の値が近いことを意味するから、画素データ B_{v2} 、 B_{v1} を用いて輝度データYを算出する。この場合、輝度データ Y_{v2} は、

【0138】

【数34】

... (22)

★ テップSS1046に進む。また、比較データの差 $(ABR_v - ABR_h)$ が判定基準値 $J2b$ よりも小さいとき（NO）、水平相関がないと判定し、サブステップSS1048に進む。

【0140】サブステップSS1046では、相関のあるとして画素データ B_{h0} 、 B_{h1} を用いて輝度データYを算出する。この場合、輝度データ Y_{h2} は、

【0141】

【数35】

... (23)

☆ 相関判定を行わない場合（NO）、接続子Bを介してサブステップSS1004に進む。この場合、先の判定基準値 $J2$ と異なる判定基準値 $J2a$ 、 $J2b$ のいずれの基準を満たさなかったものと判定される。なお、以後の処理を行わない処理手順にしてもよい。

40

【0143】サブステップSS1050では、再び比較データを算出する。この場合の比較データは、対象の画素データと周囲の画素データの各相関を求め、得られた各相関値を加算することにより垂直方向および水平方向に対する算出がされる。前述の場合と同様に画素データ R_{v2} に対する輝度データYの算出は、垂直方向の比較データ ACR_v と水平方向の比較データ ACR_h を周囲に配置されているもう一方の色の画素データ、すなわち画素データCを用いて、式(24)、式(25)

【0144】

【数36】

... (24)

... (25)

素データの距離を作成対象の画素データと近づけて相関値が求められることになるので、先のサブステップSS1040～SS1046の手順での相関判定の範囲よりも狭い範囲に関して相関の有無を調べることができる。この算出後、サブステップSS1052に進む。

【0145】サブステップSS1052では、対象の画素データを挟んで垂直に位置する画素データに相関（すなわち、垂直相関）があるかどうか判定を行う。この判定には、判定基準値としてJ3が設定されている（ここで、判定基準値J3は、水平と垂直用にJ3a, J3bと分けてもよい）。比較データ ACR_v と比較データ ACR_h の差が判定基準値J3以上に大きいとき（YES）、垂直相関があると判定してサブステップSS1054に進む。また、比較データの差($ACR_v - ACR_h$)が判定基準値J3よりも小さいとき（NO）、垂直相関がないと判定してサブステップSS1056に進む。

【0146】サブステップSS1054では、前述したサブステップSS1042での処理と同じ処理を行う。したがって、演算には式(22)が用いられる。また、サブステップSS1056では、対象の画素データを挟んで水平に位置する画素データに相関（すなわち、水平相関）があるかどうかの判定を行う。この判定にも判定基準値J3が用いられる。

【0147】サブステップSS1056において、比較データの差($ACR_v - ACR_h$)が判定基準値J3以上のとき（YES）、水平相関があると判定してサブステップSS1058に進む。この場合、サブステップSS1058での輝度データYは、サブステップSS1046で前述したように画素データを用い、式(23)に基づいて算出される。この後、サブステップSS1024に進む。また、サブステップSS1056で比較データの差($ACR_v - ACR_h$)が判定基準値J3よりも小さいとき（NO）、水平相関がないと判定して接続子Bを介して図21のサブステップSS1004に進む。サブステップSS1004では、式(9)により対象の画素データと周囲のもう一方の色の画素データ（この場合、画素データB）を加算平均し0.5の係数を乗算して輝度データYを算出している。この算出後、サブステップSS1024に進む。

【0148】サブステップSS1024では、市松状の輝度データのデータ作成が1フレーム分、完了したかどうかの判定を行っている。この判定は、たとえば、算出した輝度データYの個数をカウントし、このカウント値と受光*

$$Y_{h(1)} = k_0 * d_{h(1)} + k_1 * (d_{h(1)} + d_{h(-1)}) + k_2 * (d_{h(-2)} + d_{h(2)}) + k_3 * (d_{h(-3)} + d_{h(3)}) \\ + k_4 * (d_{h(-4)} + d_{h(4)}) + \cdots k_n * (d_{h(-n)} + d_{h(n)}) \quad \cdots (26)$$

で表されるように得られる。ただし、この場合、図3(a)から明らかなように、ゼロのデータが交互に入るので、係数は2倍になる。この関係は、図3(a)におけるこの他の補間対象の画素 $d_{h(-1)}, d_{h(-2)}, d_{h(2)}, d_{h(3)}$ に対しても当てはめる。これらの補間処理が施されることにより、高域成分を含む輝度データ $Y_{h(-1)}, Y_{h(-2)}, Y_{h(2)}, Y_{h(3)}$ が得られる（図3(b)を参照）。

【0152】また、垂直方向に対してローパスフィルタ処理を輝度データ補間機能部36cに配したデジタル

* 素子の数とが一致するかどうかで容易に行うことができる。カウント値が受光素子の数より小さい値のとき（NO）、まだ処理が完了していないと判定する。この結果、輝度データYの算出処理を接続子Fを介して図19のサブステップSS1000Cまで戻して、これまでの一連の処理を繰り返す。また、カウント値が受光素子の数に一致したとき（YES）、処理をリターンに移行させる。このリターンを経て処理をサブルーチンSUB11に移行させる。このようにして輝度データYを算出することにより、図23のように市松状の受光素子が実在する位置にデータが作成される。

【0149】ところで、図24および図25に示すような色境界を含む画像は、色境界の方向を相関の方向から推定することができる。ただし、図26に示すように輝度データの算出対象の画素 $R(R_{11})$ に対して周囲の画素データ $B_{12}, B_{21}, B_{13}, B_{22}$ から算出する場合、水平方向または垂直方向の相関を特定することはできない。

【0150】次にサブルーチンSUB11の動作を説明する（図27を参照）。サブルーチンSUB11の動作は、前述したように輝度データ補間機能部36cのデジタルフィルタの構成に基づいて行われる。サブステップSS1100では、このデジタルフィルタの特徴であるローパスフィルタ処理を施すとともに、仮想受光素子の位置における画素データを生成してデータ補間を行う。この関係が簡単に図3に示す。図3でも実在する受光素子に対応する画素 $d_{h(1)}, d_{h(-1)}, d_{h(2)}, d_{h(3)}$ は実線で示し、仮想受光素子に対応する画素は破線で示し、実在する4つの受光素子（既存の画素）の間に配した関係になっている。仮想受光素子に対応する画素 $d_{h(-4)}, d_{h(-3)}, d_{h(3)}, d_{h(4)}$ には、実在する受光素子との対応を考慮すると、何もデータが入っていない状態と同じ関係として扱う。すなわち、これらの画素には、ゼロが予め設定されている。たとえば、図3(a)に示すように画素 $d_{h(1)}$ を水平方向に補間するとき、デジタルフィルタのタップ係数を $k_0, k_1, k_2, k_3, k_4, \dots, k_n$ として整理すると、高域成分を含む輝度データ $Y_{h(1)}$ が式(26)

【0151】

【数37】

フィルタにより行う。この場合、既に水平方向の補間処理によって仮想受光素子に対応する画素のデータが補間されているので、画素データは密に入っている。したがって、ローパスフィルタの係数は通常と同じにして済ませることができる。このようにして得られた高域成分を含む輝度データを図23に示したように行列表現で表すと、図28に示すように高域成分を含む輝度データ Y_h が作成される。高域成分を含む輝度データ Y_h は、以下の記載において高域輝度データと呼ぶ。

【0153】次にサブルーチンSUB12の動作について説明する。サブルーチンSUB12は、図1に示すように高解像度プレーン補間機能部36dで行われる。高解像度プレーン補間機能部36dには、サブルーチンSUB11で作成された高域輝度データ Y_h とこの高域輝度データ Y_h に対応した補間対象の色の画素データがそれぞれの演算処理部に供給される。高域輝度データ Y_h は、図4から明らかなようにR補間展開部360D、G補間展開部362D、およびB補間展開部364Dと共に供給されている。これらの供給される画素データを用いて色毎にそれぞれの仮想受光素子の画素における画素データを図29に示すフローチャートに従って補間する。この場合、画素データGの補間処理をサブステップSS1200で最初に行う。このとき、図22に示すように単板画素ずらし型G正方RB完全市松のパターンを用いていることから、既存の画素データGを有する画素は、実線の正方格子で表す。また、画素データGを持たない画素、すなわち、仮想受光素子の対応する画*

$$G_{11} = (G_{11} + G_{11})/2 - (Y_{h11} + Y_{h11})/2 + Y_{h11} \quad \dots \quad (27)$$

から得られる。式(27)の計算式を用いると、仮想画素 G_{11} を補間することができる。また、仮想画素 G_{11} の補間は、同一の行方向の2つの画素に対応する既存データおよび高域輝度データならびに補間対象位置の高域輝度※

$$G_{12} = (G_{11} + G_{11})/2 - (Y_{h11} + Y_{h12})/2 + Y_{h12} \quad \dots \quad (28)$$

から得られる。式(28)の計算式を用いると、仮想画素 G_{12} を補間することができる。そして、4つずつの画素データ $G_{11}, G_{11}, G_{11}, G_{11}$ の中心に位置する画素データ G_{11} は、これら4つの位置の画素データおよび高域輝度★

$$G_{11} = (G_{11} + G_{11} + G_{11} + G_{11})/4 - (Y_{h11} + Y_{h11} + Y_{h11} + Y_{h11})/4 + Y_{h11} \quad \dots \quad (29)$$

から得られる。式(29)の計算式を用いると、仮想画素 G_{11} を補間することができる。画素データ $G_{11}, G_{11}, G_{11}, G_{11}$ を4つを一組のデータとみなして補間する場合、すでに画素データ G_{11} は算出されているので、残る画素データ G_{11}, G_{11}, G_{11} を算出すればよい。この処理を繰り返し行うことにより、画素データGのプレーン画像を作成する。ただし、プレーン画像の最外縁は、このような関係にならないので、厳密に補間を行う場合、境界値として設定しておくとよい。また、有効画面を考慮すると、この周辺部のデータは有効画面の範囲外にあるので算出しなくとも構わない。

【0158】次に画素データRの算出をサブステップSS☆40

$$R_{11} = (R_{00} + R_{11})/2 - (Y_{h00} + Y_{h11})/2 + Y_{h11} \quad \dots \quad (30)$$

によって算出される。同様に、仮想画素 R_{11}, R_{11}, R_{11} は、式(37)と同じ関係にあるそれぞれ画素データ R_{00}, R_{11}, R_{11} 、画素データ R_{00}, R_{11} および画素データ R_{11}, R_{11} を適用して算出する。既存の画素データ R_{11} も考慮して算出すると、隣接斜め補間処理により仮想画素 R_{11}, R_{11} も作成することができる。この結果が図32に示されている。

【0160】次にサブステップSS1204では、一つ前のサ◆

$$R_{11} = (R_{11} + R_{11} + R_{11} + R_{11})/4 - (Y_{h11} + Y_{h11} + Y_{h11} + Y_{h11})/4 + Y_{h11} \quad \dots \quad (31)$$

* 素および既存の画素データを有しているながら、色Gと異なる色の画素は、破線の正方格子で表す。この画素データGを持たない画素を仮想画素と呼ぶ。補間処理には、4つずつ既存の画素データを用いる。

【0154】この関係を具体的に図30に示す。図30のパターンが示すように、仮想画素 $G_{11}, G_{11}, G_{11}, G_{11}$ の一列、 $G_{11}, G_{11}, G_{11}, G_{11}$ を補間する場合、補間処理は隣接する4つずつの画素データ $G_{11}, G_{11}, G_{11}, G_{11}$ や画素データ $G_{11}, G_{11}, G_{11}, G_{11}$ 等を用いる。また、補間に用いる画素データGに対応する図23の高域輝度データも用いて演算する。たとえば、補間対象である仮想画素の画素データ G_{11} の補間は、同一の列方向の2つの画素に対応する既存データおよび高域輝度データならびに補間対象位置の高域輝度データを用いて、式(27)

【0155】

【数38】

※データを用いて、式(28)

【0156】

【数39】

★データを用いて、式(29)

【0157】

【数40】

☆1202で行う。この場合も既存データおよび演算によって算出された画素データに対応する画素は、実線の正方格子で表し、仮想画素は破線の正方格子で表す。画素データRにおける既存の画素データは、図31に示すように $R_{00}, R_{01}, R_{02}, R_{10}, R_{11}, R_{12}, R_{20}, R_{21}, R_{22}$ しかない。この場合、サブステップSS1202では、補間対象の仮想画素に対して斜めに隣接している画素データとこの位置に対応する図23または図28の高域輝度データを用いる。たとえば、画素データ R_{11} は、画素データ R_{00}, R_{11} ならびに高域輝度データ Y_{h00}, Y_{h11} および Y_{h11} を用いて、

【0159】

【数41】

◆サブステップSS1202で算出された画素によって囲まれた画素を補間対象の画素とし、補間に際して算出されたこれら4つの画素データおよびその位置の高域輝度データを用いて補間処理を行う。たとえば、画素データ R_{11} を中心図32から判るように、その周囲の画素データ $R_{00}, R_{01}, R_{02}, R_{10}, R_{11}, R_{12}, R_{20}, R_{21}, R_{22}$ の位置のデータを用いて、式(31)

【0161】

【数42】

.... (31)

によって算出される。式(31)に用いる画素データと同等の配置関係が周辺の画素から得られるとき、この補間を施すことによって、図33に示すように画素データ $R_{0,0}$, $R_{1,0}$, $R_{0,1}$ が得られる。換言すると、補間対象の画素から見れば、補間に使用する画素データはすべて斜めに位置している。

【0162】次にサブステップSS1206では、これまでに*

$$R_{0,2} = (R_{0,2} + R_{1,1} + R_{1,2} + R_{2,1}) / 4 - (Y_{h,0,2} + Y_{h,1,1} + Y_{h,1,2} + Y_{h,2,1}) / 4 + Y_{h,1,1} \quad \dots \quad (32)$$

によって算出される。同様の位置関係にある、たとえば、画素データ $R_{1,1}$, $R_{0,2}$, $R_{1,2}$ は、式(32)に用いた画素データの位置関係に対応するデータを代入すると算出できる。さらに、図33の右側に画素が継続していると、画素データ $R_{1,3}$, $R_{2,3}$ も算出することができる。

【0164】なお、図34に示すように周辺部には未補間※

$$R_{0,3} = (R_{0,0} + R_{0,1} + R_{1,1}) / 3 - (Y_{h,0,0} + Y_{h,0,1} + Y_{h,1,1}) / 3 + Y_{h,0,1} \quad \dots \quad (33)$$

によって算出される。このようにしてこの他、画素データ $R_{0,3}$, $R_{0,5}$, $R_{1,0}$, $R_{3,0}$, $R_{4,1}$, $R_{4,3}$, $R_{4,5}$ が補間される。最終的に画素データ R に関するプレーン画面全体が補間される。

【0166】次に画素データ B に対する補間処理がサブステップSS1208, SS1210, SS1212で行われる。サブステップSS1208, SS1210, SS1212は、それぞれ、画素データ B における隣接斜め補間処理、4つの補間データによる中央補間処理および上下左右の4画素による中央補間処理である。これらの補間処理は、前述した画素データ R の補間処理（すなわち、サブステップSS1202, SS1204, SS1206）に準拠している。これは、図31の画素データ R と図35の画素データ B の画素配置の関係から判る。すな★

$$B_{1,1,2} = (B_{0,0,2} + B_{2,2,2}) / 2 - (Y_{h,0,0,2} + Y_{h,2,2,2}) / 2 + Y_{h,1,2,2} \quad \dots \quad (34)$$

$$B_{1,2,1} = (B_{0,2} + B_{2,4}) / 2 - (Y_{h,0,2} + Y_{h,2,4}) / 4 + Y_{h,1,1} \quad \dots \quad (34)$$

$$B_{3,1,2} = (B_{2,2,2} + B_{4,0,2}) / 2 - (Y_{h,2,2,2} + Y_{h,4,0,2}) / 4 + Y_{h,3,2,2} \quad \dots \quad (35)$$

$$B_{3,2,3} = (B_{2,4} + B_{4,2}) / 2 - (Y_{h,2,4} + Y_{h,4,2}) / 4 + Y_{h,3,3} \quad \dots \quad (35)$$

のように演算処理することにより算出される。また、画素データの行列表示における列の数字が2より小さい左側で各画素データの補間処理を行う場合には、画素データ $R_{0,1}$, $R_{1,1}$ を用いて画素データ $R_{1,1}$ を算出する関係を用☆

$$B_{1,3,-2} = (B_{0,-2} + B_{2,2,-2}) / 2 - (Y_{h,0,-2} + Y_{h,2,2,-2}) / 2 + Y_{h,1,3,-2} \quad \dots \quad (36)$$

$$B_{1,1} = (B_{0,2} + B_{2,0}) / 2 - (Y_{h,0,2} + Y_{h,2,0}) / 4 + Y_{h,1,1} \quad \dots \quad (36)$$

から得られる。他の式(31)～式(33)においても同様の関係が成立している。この関係に注意してサブステップSS1210, SS1212で補間処理を行うと、画素データ B に関するプレーン補間展開を行うことができる。この処理の後、サブステップSS1214に進む。

【0169】サブステップSS1214では、プレーン補間展開が各色毎にすべて終了したかどうかの判定を行う。一連の処理がまだ終了していないとき(NO)、サブステップSS1200に戻って処理を繰り返す。なお、各色毎にこの確認処理をおこなってもよい。また、一連の処理が終了したとき(YES)、リターンに移行する。この移行後、サブルーチンSUB12の処理が終了する。このような手順

* 得られた画素データを用いるとともに、これらの画素のうち、補間対象の画素に対して上下左右に位置する画素データから補間を行う。たとえば、画素データ R_1 を中心に上下左右の4つの画素データおよびその位置の高域輝度データを用いて、式(32)

【0163】

【数43】

※の仮想画素が残ってしまうので、この仮想画素に対して10周囲を囲む、たとえば3つの画素から補間するようにしてもよい。この補間の場合も前述した補間の手法を用いると、仮想画素の画素データ R_1 は、

【0165】

【数44】

★ わち、図35の画素データ B の画素配置は、各色の添字に表される行列表示から、図31の画素データ R を水平（すなわち、行）方向に2列ずつ全体にシフトした配置になっている。このことから、これまで式(30)～式(33)までの式を適用して仮想画素を補間する場合、行列表示で列の数字が2以上の右側で各画素データの添字の列の数字に+2だけ加算した関係で算出を行うとよい。たとえば、画素データ $B_{1,1}$ や画素データ $B_{3,3}$ は、式(30)の色 R を色 B に置換し、画素データ $R_{0,0}$, $R_{3,3}$ の位置関係を画素データ $B_{0,2}$, $B_{1,1}$ にして

【0167】

【数45】

☆い、添字の数字から-2だけ減算させて算出するとよい。たとえば、画素データ $B_{1,1}$ は、

【0168】

【数46】

で動作させることにより、RGB それぞれにプレーンで、かつ高解像度な画像データを生成することができる。

【0170】また、サブルーチンSUB10の輝度データ Y の生成においては、欠陥画素をほとんど意識することなく動作させている。しかしながら、欠陥画素の位置があらかじめ正確に判明している場合、サブルーチンSUB10の輝度データ Y の生成にあらわにしていないが、画素データの相関方向を判定する前に欠陥情報に基づいて輝度データを生成する工程を加えておく。たとえば、色 R の欠陥 ($R1$ ～ $R4$ の一つ) よび色 G の欠陥 ($G1$ ～ $G4$ の一つないし複数) に応じて輝度データを演算生成するようにしてもよい。具体的には、画素 $R4$ に欠陥があり、欠陥検

出領域30D 内の領域中央に色B1が位置する場合の輝度データ Y_{11} 生成は、欠陥画素のデータを補償することにより式(7)と同様に式(37)

$$Y_{11} = B1/2 + (R1+R2+R3)*4/3)/8$$

を用いて行う。このようにどこで処理するか異なるだけで欠陥画素の補償結果は同じにできる。

【0172】なお、本実施例は、色フィルタの配置パターンが、G 正方形完全市松パターンの場合について説明したが、この実施例に限定されるものでなく、図36に示すGストライプRB完全市松パターンにも適用できる。色を表す記号R, G, B の添字は、画素の位置を行列表示させたものである。画素ずらしがない分、この色フィルタ配置では仮想画素の補間等の処理が不要になる。また、※

$$\begin{aligned} AGH &= (| G1-G2 | + | G5-G6 | + | G3-G4 |) * Kh \\ AGV &= (| G1-G5 | + | G5-G3 | + | G2-G6 | + | G6-G4 |) * Kv \end{aligned} \quad \cdots \quad (38)$$

により算出する。ここで、Kh, Kvは、定数である。この設定を導入して相関方向を判定することによりGストライプRB完全市松パターンでも図38に示すように輝度データ Y_{ij} を各受光素子の位置において適切に生成される。これにより、これらのデータを用いて欠陥による破綻を軽減・回避しながら、高画質な画像データを作成することができる。

【0174】最後に、サブルーチンSUB3について説明する。高解像度プレーン補間機能部36d から出力されたRGB データを用いてマトリクス処理がマトリクス処理部36e の色差マトリクス部360Eで行われる（サブステップSS30）。このマトリクス処理により輝度データ Y 、色差データ($R-Y$)、($B-Y$)が生成される。この処理後、得られた輝度データ Y 、色差データ($R-Y$)、($B-Y$)に対して広帯域にわたるLPF 処理を施す（サブステップSS32）。この処理によって折り返し歪みの発生を抑制している。この処理は、アンチエリアシングフィルタ部362Eで行う。この処理を経て帯域の広い色差データ($R-Y$)= C_r 、($B-Y$)= C_b が得られる。また、輝度データ Y には、さらにアバーチャ調整が施される（サブステップSS34）。アバーチャ調整は、図5のアバーチャ調整部364Eで行われる。このように処理されて高域特性の良い輝度データ Y が得られる。この処理の後、リターンに進み、サブルーチンSUB2を終了する。

【0175】以上のように構成し、欠陥のある画素を的確に判定し、この判定に応じて対処することにより、画素データの相関性を考慮して、受光素子が持たない色の画素データまたは受光素子のない、仮想画素の位置における画素データを生成する場合に、画素（受光素子）に欠陥があると周囲に及ぼす影響が大きく、劣化した画像を生成する高い可能性を抑えることができる。これにより、高解像度の撮像装置での品質を保つことができる。

【0176】

【発明の効果】このように本発明の固体撮像装置によれ

* [0171]

【数47】

… (37)

※欠陥検出領域30D は、図37に示す色フィルタ配置パターンの関係になる。フローチャートは、基本的に前述した実施例の場合と同じである。その中で、たとえば、サブステップSS1050で算出する、水平方向および垂直方向の相関を検討する際の比較算出データとしてAGH, AGVを次のように設定し、導入してもよい。AGH, AGVは、それぞれ式(38), 式(39)

【0173】

【数48】

… (38)

ば、制御手段で信号処理手段における判定、補間処理の制御を受け、具体的には輝度データ生成手段でデータ補正手段からの画像データを用いてエッジ境界を考慮しながら受光素子の欠陥判定を行い、この判定結果に応じて受光素子の位置における輝度データを求めることで欠陥の受光素子からの画素データを用いて後の相関判定処理を行うことから相関の方向を誤って検出し画像の劣化を生じることにより画像に破綻を起こさない輝度データの生成を行う。この受光素子からの画素データおよび／または輝度データの生成を補償することにより、輝度データ補間手段で得られた輝度データに基づいて受光素子の空隙位置における輝度データを生成し、RGB 補間手段でこの輝度データ補間手段と各色の画素データを用いてRGB プレーンデータを生成しても周囲の画素データに対する影響を抑えることができる。そして生成した画素データを高域周波数成分を含むデータにし、これらの画素データを用いて表示画像生成手段で生成した輝度データおよび色差データに欠陥の影響が現れない画像にして出力することができる。これにより、高解像度の撮像装置での品質を保つことができる。

【0177】また、本発明の画素欠陥補償方法によれば、所定の欠陥検出領域で設定した条件および値との比較および判定を行い領域内の画素欠陥を検出し、この検出結果に応じて欠陥の色と同色の画素データを用いて欠陥の補償を行うことにより、後に行う相関判定処理における相関の方向を誤って検出し画像を劣化させてしまうような画像に破綻を起こさない輝度データの生成を行う。このように撮像して得られた画像の破綻を回避し、たとえ受光素子などに経年変化が生じても高画質を保つことができる。

【0178】さらに、画素欠陥補償方法は、欠陥検出、欠陥画素でのデータ補償を行い、欠陥がある場合に輝度データ生成対象の色の画素データと補償した欠陥画素データを含む画素データの加算平均値を加算して輝度データ

41

タを算出してこの輝度データ生成対象の輝度データに破綻が生じないように回避することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る固体撮像装置を適用したディジタルカメラの概略的な構成を示すブロック図である。

【図2】図1のディジタルカメラにおける輝度データ生成機能部の概略的な構成を示すブロック図である。

【図3】図1の輝度データ補間機能部に用いるローパスフィルタの原理を説明する模式図である。

【図4】図1の高解像度ブレーン補間機能部の概略的な構成を示すブロック図である。

【図5】図1のマトリクス処理部の概略的な構成を示すブロック図である。

【図6】図1の撮像部における受光素子の配置と各受光素子に対応する色フィルタの関係を示す模式図である。

【図7】図1の撮像部において受光素子の配置を正方格子状にした場合とハニカム配置にした場合の違いを説明する模式図である。

【図8】図1の撮像部に適用した色フィルタ、G 正方RB完全市松パターンを説明する模式図である。

【図9】図1のディジタルカメラの動作手順を説明するメインフローチャートである。

【図10】図9のサブルーチンSUB1の処理を説明するフローチャートである。

【図11】図8の撮像部の撮像面における欠陥検出領域の関係を説明する模式図である。

【図12】図11の欠陥検出領域において(a) RC判定と、(b) BG判定との色フィルタ配置の関係を説明する模式図である。

【図13】図10におけるRC判定処理を行うサブルーチンSUB4の動作手順を説明するフローチャートである。

【図14】図13のR 斜めエッジ判定（サブルーチンSUB6）の概略的な動作手順を説明するフローチャートである。

【図15】図13のR 水平・垂直エッジ判定（サブルーチンSUB7）の概略的な動作手順を説明するフローチャートである。

【図16】図13のG 斜めエッジ判定（サブルーチンSUB8）の概略的な動作手順を説明するフローチャートである。

【図17】図13のG 水平・垂直エッジ判定（サブルーチンSUB9）の概略的な動作手順を説明するフローチャートである。

【図18】図9のサブルーチンSUB2で行う演算補間処理の動作手順を説明するフローチャートである。

【図19】図18のサブルーチンSUB10における市松状のデータ作成を行う手順を説明するフローチャートである。

【図20】図18のサブルーチンSUB10において図19からの継続した動作手順を説明するフローチャートである。

10

20

30

40

50

42

【図21】図18のサブルーチンSUB10において図19や図20からの継続した動作手順を説明するフローチャートである。

【図22】色フィルタを介して受光素子から得られる画素データおよび仮想画素の位置関係を示す模式図である。

【図23】図19～図21の処理により得られる高域輝度データの位置を示す模式図である。

【図24】図18のサブルーチンSUB10で行われる斜め相関の判定が可能な色境界のパターンを示す模式図である。

【図25】図19ないし図21のサブルーチンSUB10で行われる垂直相関および水平相関の判定が可能な色境界のパターンを示す模式図である。

【図26】図19ないし図21のサブルーチンSUB10で色境界の判定が困難なパターンを示す模式図である。

【図27】図18のサブルーチンSUB2におけるサブルーチンSUB11の補間処理の手順を説明するフローチャートである。

【図28】図27の補間処理により得られる高域輝度データの位置を示す模式図である。

【図29】図18のサブルーチンSUB2におけるサブルーチンSUB12のRGB ブレーン補間処理の手順を説明するフローチャートである。

【図30】図29のRGB ブレーン補間処理のうち、画素データGに関する補間対象の画素と既存の画素の位置関係を示す模式図である。

【図31】図29のRGB ブレーン補間処理のうち、画素データRに関する補間対象の画素と既存の画素の位置関係を示す模式図である。

【図32】図31の位置関係に隣接斜め補間処理した結果を加えた際の位置関係を示す模式図である。

【図33】図32の位置関係に隣接斜め補間処理により得られた4つの画素データを用いて補間処理した結果を加えた際の位置関係を示す模式図である。

【図34】図33の位置関係に補間対象の画素に対して上下左右に位置する画素データを用いて補間処理した結果を加えた際の位置関係を示す模式図である。

【図35】図29のRGB ブレーン補間処理のうち、画素データBに関する補間対象の画素と既存の画素の位置関係を示す模式図である。

【図36】図1の撮像部に適用した色フィルタ、G ストライプRB完全市松パターンを説明する模式図である。

【図37】図36の撮像部の撮像面における欠陥検出領域の関係を説明する模式図である。

【図38】図36の受光素子に対して得られる高域輝度データの位置を示す模式図である。

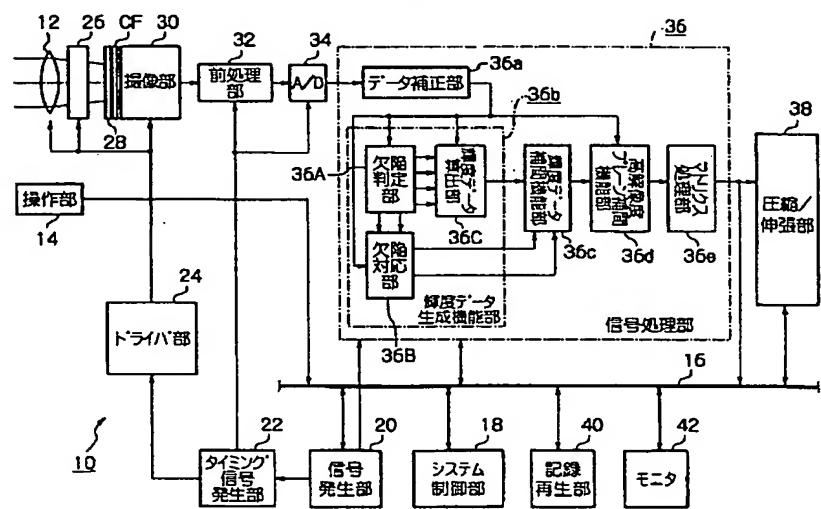
【図39】図9のサブルーチンSUB3で行うマトリクス化の動作手順を説明するフローチャートである。

【符号の説明】

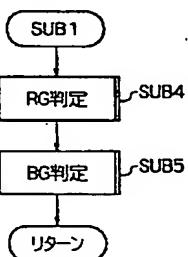
10 デジタルカメラ
14 操作部
18 システム制御部
30 撮像部
34 A/D 変換部
36 信号処理部
36a データ補正部

* 36b 輝度データ生成機能部
36c 輝度データ補間機能部
36d 高解像度ブレーン補間機能部
36e マトリクス処理部
36A 欠陥判定部
36B 欠陥対応部
* 36C 輝度データ算出部

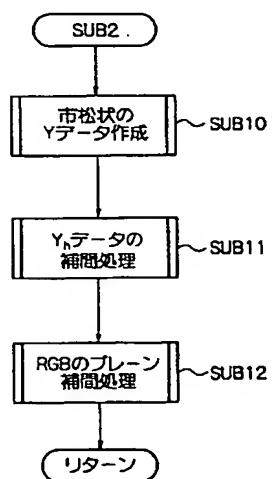
【図1】



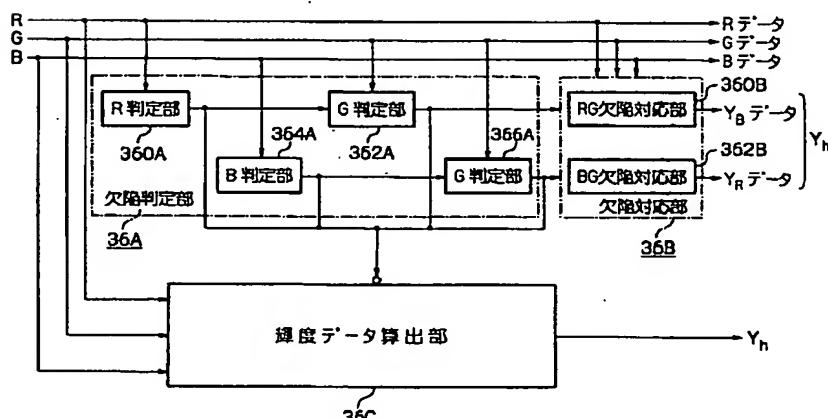
【図10】



【図18】



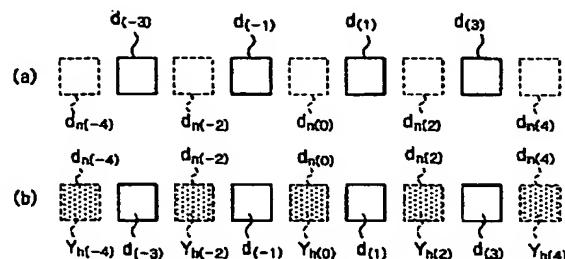
【図2】



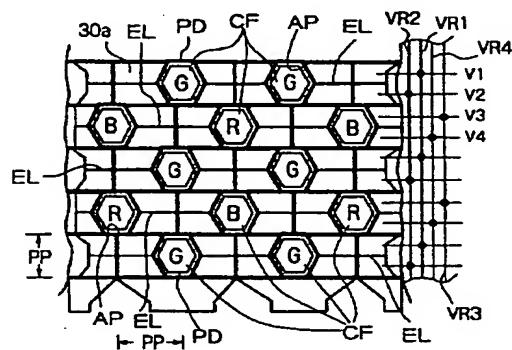
【図36】

G ₀₀	R ₀₁	G ₀₂	B ₀₃	G ₀₄	R ₀₅	G ₀₆
G ₁₀	B ₁₁	G ₁₂	R ₁₃	G ₁₄	B ₁₅	G ₁₆
G ₂₀	R ₂₁	G ₂₂	B ₂₃	G ₂₄	R ₂₅	G ₂₆
G ₃₀	B ₃₁	G ₃₂	R ₃₃	G ₃₄	B ₃₅	G ₃₆
G ₄₀	R ₄₁	G ₄₂	B ₄₃	G ₄₄	R ₄₅	G ₄₆
G ₅₀	B ₅₁	G ₅₂	R ₅₃	G ₅₄	B ₅₅	G ₅₆

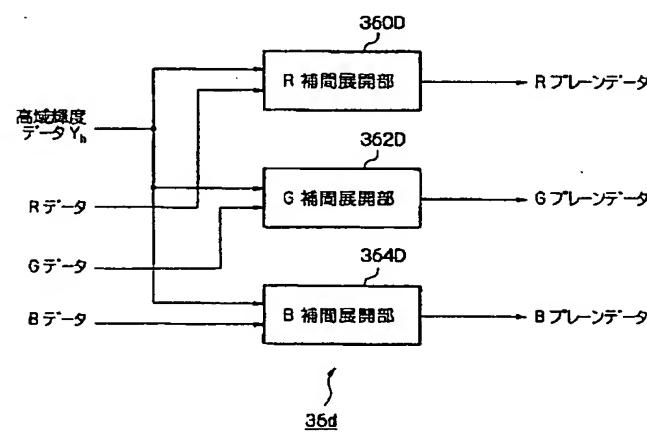
【図3】



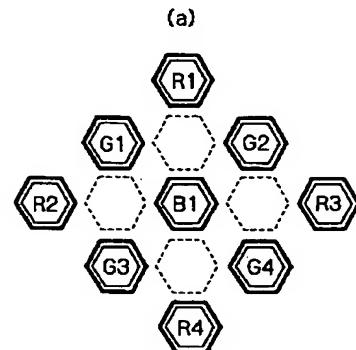
【図6】



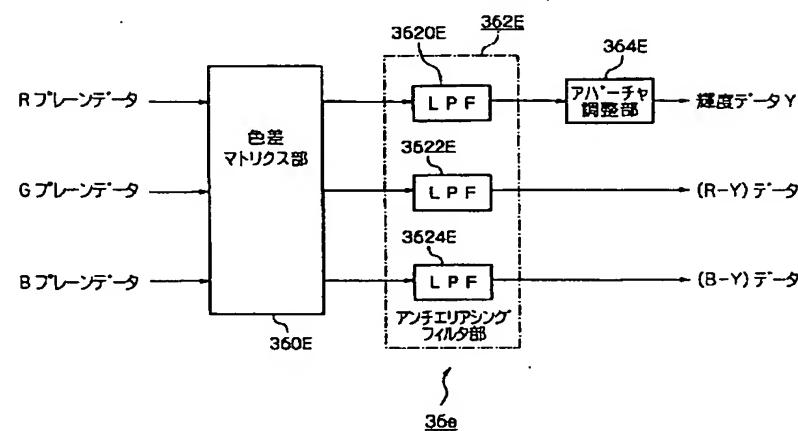
【図4】



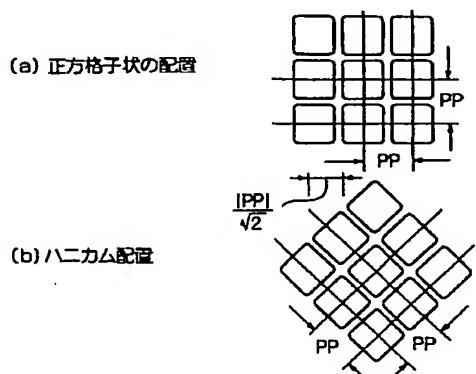
【図12】



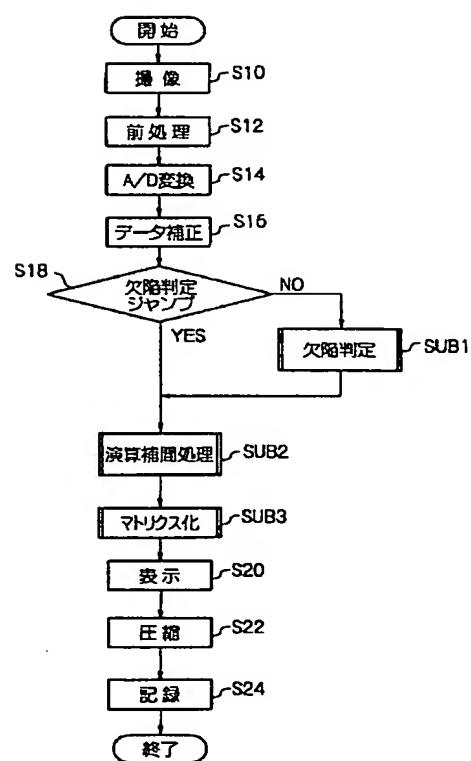
【図5】



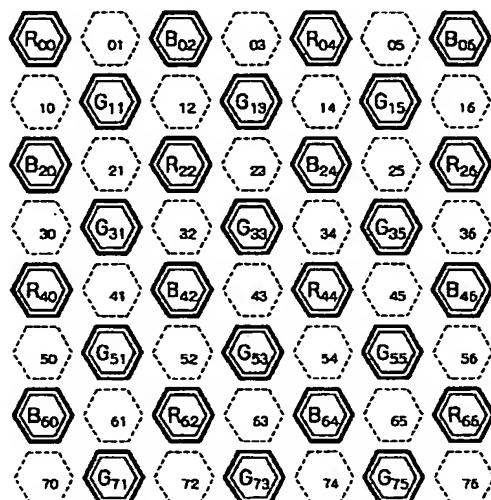
【図7】



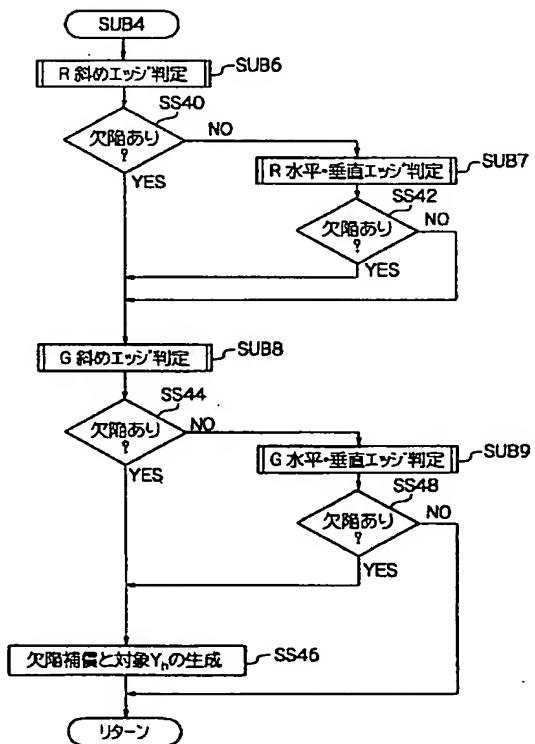
【図9】



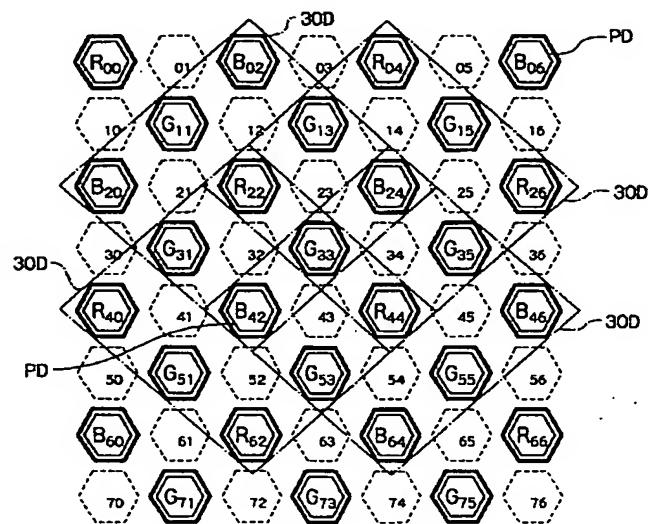
【図8】



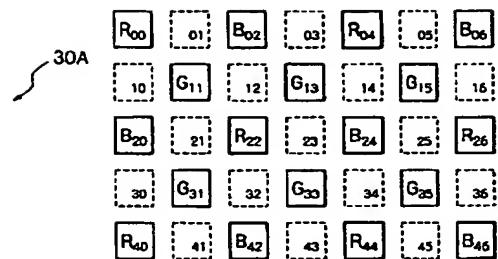
【図13】



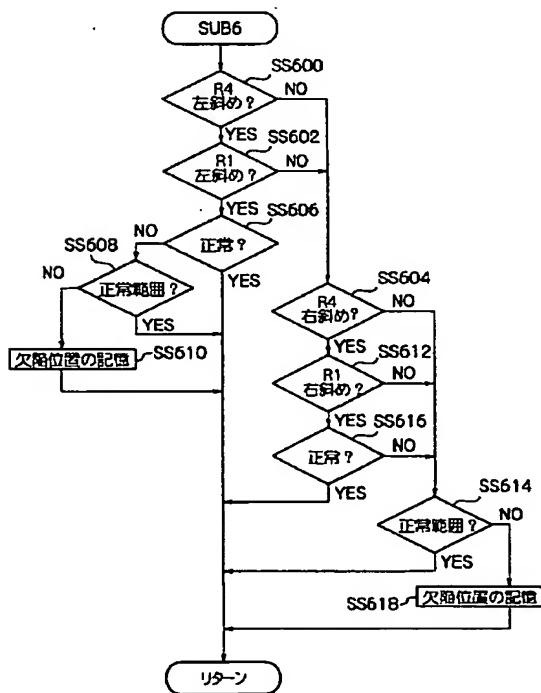
【図11】



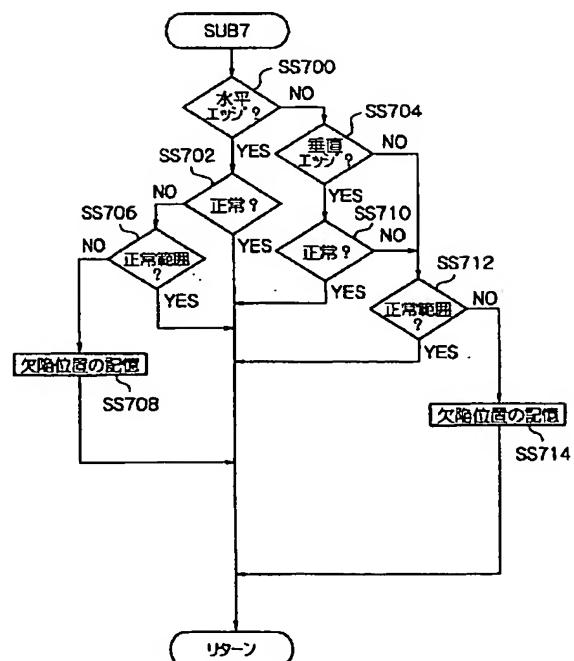
【図22】



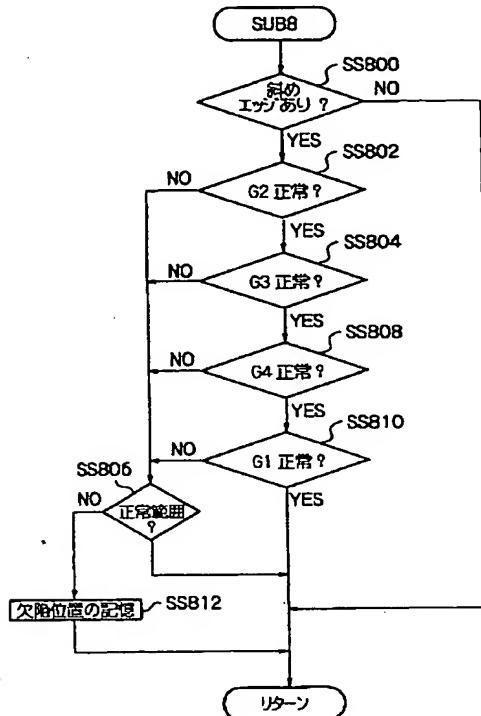
【図14】



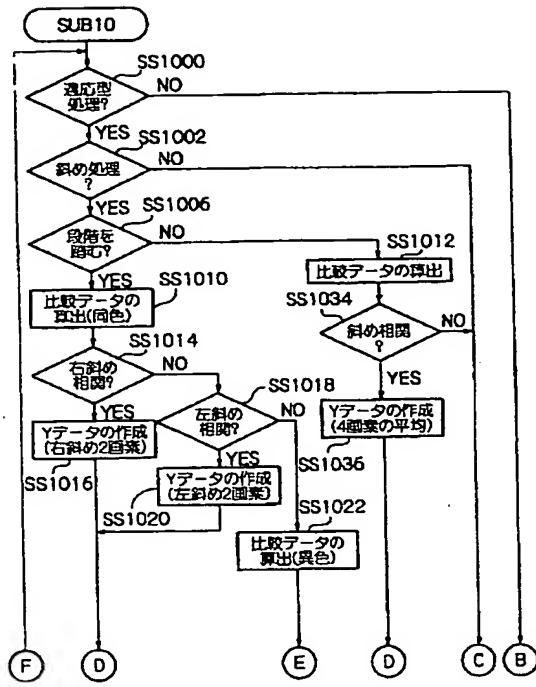
【図15】



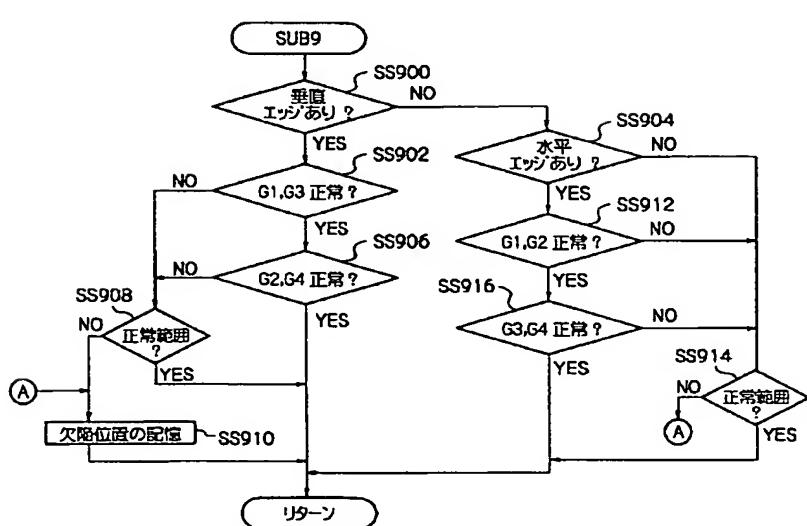
〔図16〕



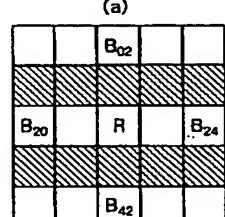
〔図19〕



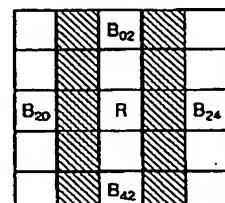
[圖 1-3-1]



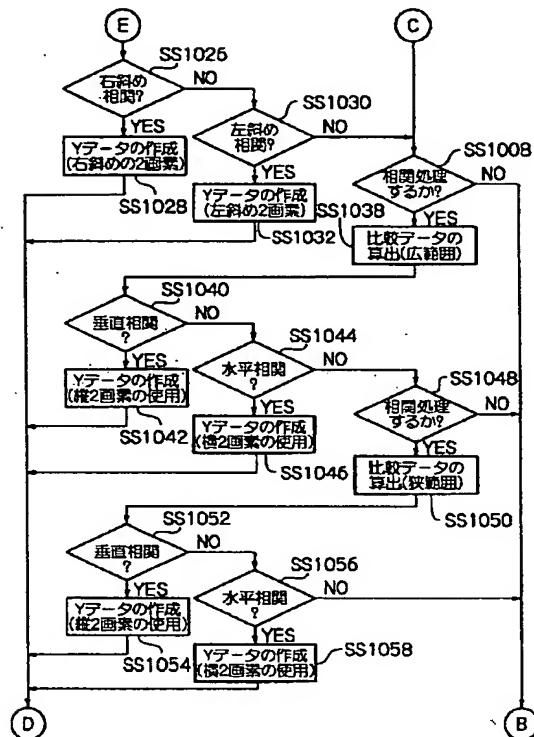
〔図26〕



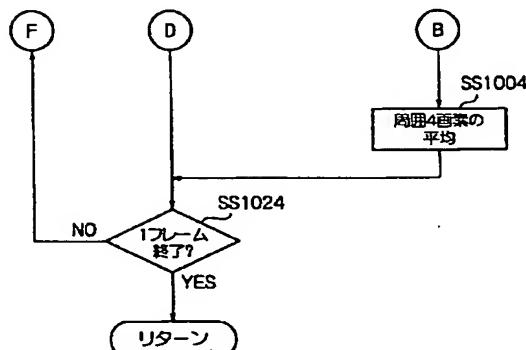
(b)



【図20】



【図21】

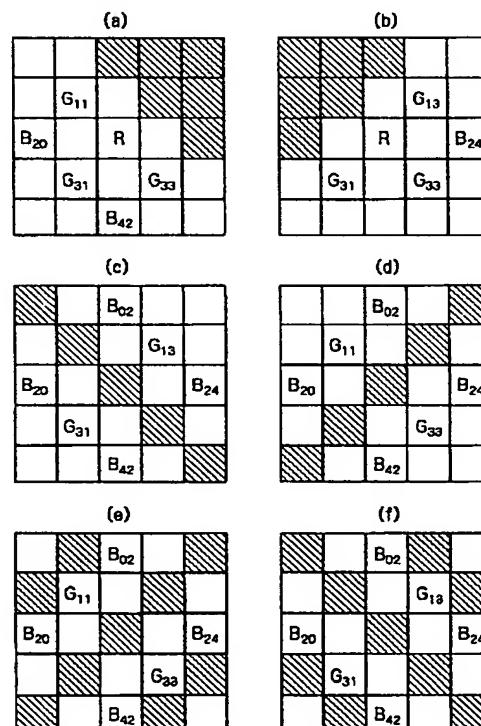


【図23】

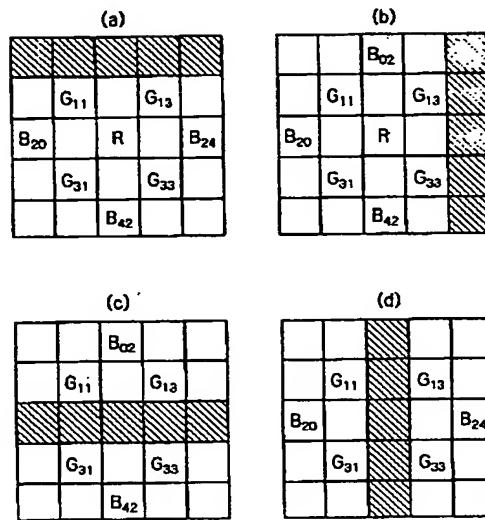
Y ₀₀	01	Y ₀₂	03	Y ₀₄	05	Y ₀₆
10	Y ₁₁	12	Y ₁₃	14	Y ₁₅	16
Y ₂₀	21	Y ₂₂	23	Y ₂₄	25	Y ₂₆
30	Y ₃₁	32	Y ₃₃	34	Y ₃₅	36
Y ₄₀	41	Y ₄₂	43	Y ₄₄	45	Y ₄₆

【図28】

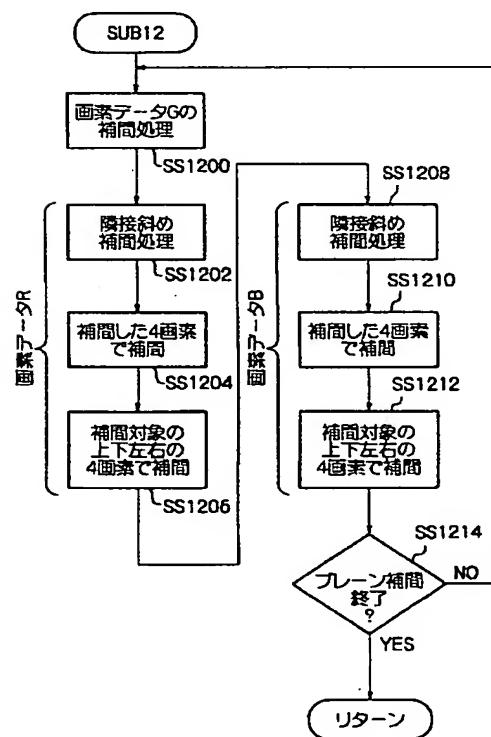
Y _{h00}	Y _{h01}	Y _{h02}	Y _{h03}	Y _{h04}	Y _{h05}	Y _{h06}
Y _{h10}	Y _{h11}	Y _{h12}	Y _{h13}	Y _{h14}	Y _{h15}	Y _{h16}
Y _{h20}	Y _{h21}	Y _{h22}	Y _{h23}	Y _{h24}	Y _{h25}	Y _{h26}
Y _{h30}	Y _{h31}	Y _{h32}	Y _{h33}	Y _{h34}	Y _{h35}	Y _{h36}
Y _{h40}	Y _{h41}	Y _{h42}	Y _{h43}	Y _{h44}	Y _{h45}	Y _{h46}



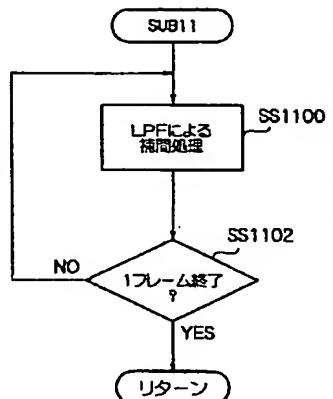
【図25】



【図29】



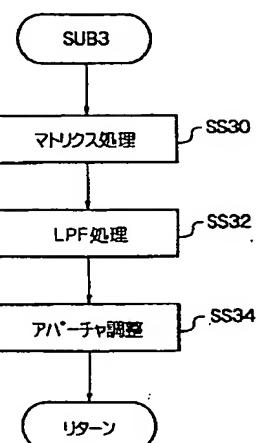
【図27】



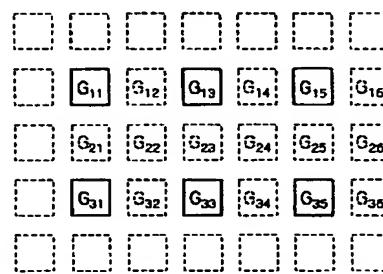
【図38】

Y _{H00}	Y _{H01}	Y _{H02}	Y _{H03}	Y _{H04}	Y _{H05}	Y _{H06}
Y _{H10}	Y _{H11}	Y _{H12}	Y _{H13}	Y _{H14}	Y _{H15}	Y _{H16}
Y _{H20}	Y _{H21}	Y _{H22}	Y _{H23}	Y _{H24}	Y _{H25}	Y _{H26}
Y _{H30}	Y _{H31}	Y _{H32}	Y _{H33}	Y _{H34}	Y _{H35}	Y _{H36}
Y _{H40}	Y _{H41}	Y _{H42}	Y _{H43}	Y _{H44}	Y _{H45}	Y _{H46}
Y _{H50}	Y _{H51}	Y _{H52}	Y _{H53}	Y _{H54}	Y _{H55}	Y _{H56}

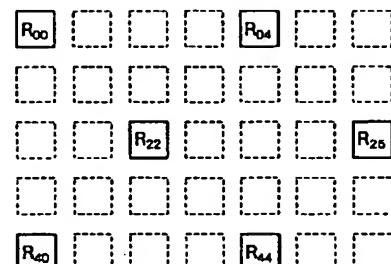
【図39】



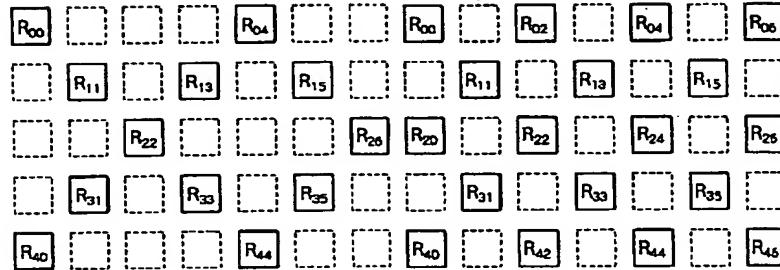
【図30】



【図31】

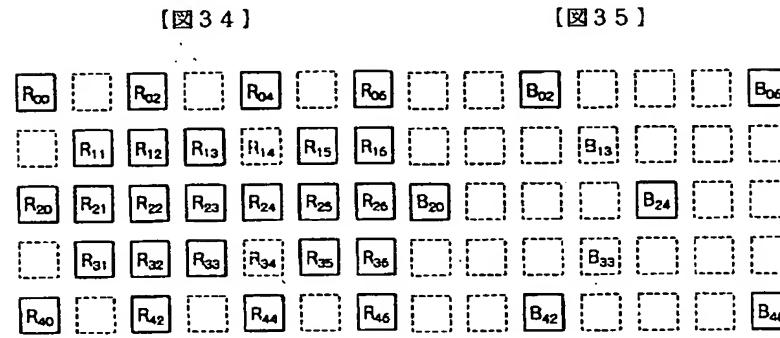


【図32】

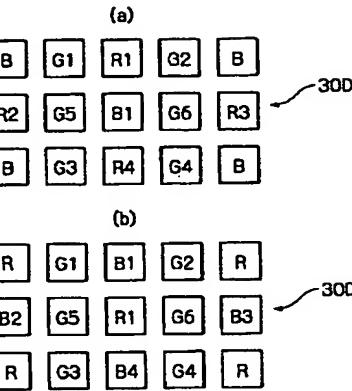


【図33】

【図35】



【図37】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.